



TUGAS AKHIR - TM 141585

ANALISIS PENGARUH POSISI *CENTER OF GRAVITY* TERHADAP STABILITAS ARAH BUS *DOUBLE DECK*

MASLAKHATUZ ZAHRO
NRP. 02111440000033

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TM 141585

ANALYSIS OF CENTER OF GRAVITY EFFECT ON DOUBLE DECK DIRECTION STABILITY

MASLAKHATUZ ZAHRO
NRP. 02111440000033

Advisor
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D

DEPARTMENT of MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

**ANALISIS PENGARUH POSISI CENTER OF GRAVITY
TERHADAP STABILITAS ARAH BUS DOUBLE DECK**

TUGAS AKHIR

Digunakan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MASLAKHATUZ ZAHRO

NRP. 02111440000033

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing)
NIP. 195106051978031002
2. Dr. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA (Penguji I)
NIP. 196508101991021001
3. Ir. Julendra Bambang Ariatedja, MT (Penguji II)
NIP. 196807061999031004
4. Ari Kurniawan Saputra ST., MT. (Penguji III)
NIP. 198604012015041001

**SURABAYA
JULI 2018**

ANALISIS PENGARUH POSISI *CENTER OF GRAVITY* TERHADAP STABILITAS ARAH BUS *DOUBLE DECK*

Nama : Maslakhatus Zahro
NRP : 02111440000033
Departemen : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing: Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc.,Ph.D

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia akan berdampak pada kebutuhan alat transportasi di Indonesia, terutama alat transportasi umum yaitu bus. Saat ini keselamatan dan keamanan sarana transportasi umum sudah menjadi perhatian masyarakat pengguna bus. Salah satu kejadian yang berhubungan dengan keselamatan dan keamanan penumpang adalah kecelakaan. Tingginya angka kecelakaan ini sebagian besar diakibatkan kelalaian pengemudi dan kurangnya stabilitas kendaraan saat di jalanan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa stabilitas arah kendaraan terutama bus double deck.

Kondisi paling kritis pada kendaraan adalah saat kendaraan berbelok, karena terdapat tiga perilaku arah belok kendaraan yaitu understeer, oversteer, dan netral. Ketiga perilaku kendaraan tersebut dapat dilakukan dengan beberapa analisa. Pada penelitian ini, analisa yang akan dilakukan yaitu analisa slip, analisa skid, dan analisa guling. Ada beberapa variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu variasi kecepatan, variasi sudut belok, variasi kemiringan melintang jalan, dan variasi koefisien gesek. Analisa slip dilakukan dengan mencari sudut slip

masing-masing ban. Analisa skid dilakukan dengan membandingkan gaya sentrifugal dan gaya gesek ban. Sedangkan analisa guling dengan mencari nilai F_z pada masing-masing ban.

Hasil penelitian pada tugas akhir ini adalah bus double deck mengalami kondisi belok yang paling baik ketika kendaraan pada kondisi 4 (ekstrim depan) karena memiliki nilai koefisien understeer yang kecil dan lebih sedikit mengalami kondisi oversteer. Pada kondisi ini kendaraan melaju pada kecepatan 50 km/jam dengan sudut belok 35° , semakin besar sudut kemiringan melintang jalan maka semakin kecil sudut slip yaitu $\vartheta = 0^\circ$ sebesar $23,57^\circ$ dan $41,23^\circ$ sedangkan saat $\theta = 5,7^\circ$ yaitu $18,69^\circ$ dan $35,51^\circ$. Kendaraan mengalami skid lebih cepat pada jalan aspal basah daripada jalan aspal kering, batas kecepatan maksimum tidak mengalami skid pada jalan datar aspal kering sebesar 112,75 km/jam dan 113,49 km/jam serta pada jalan basah sebesar 84,04 km/jam dan 84,59 km/jam. Batas kecepatan maksimum kendaraan tidak terguling dengan sudut belok 35° pada kecepatan 3,91 km/jam dan 112,46 km/jam di jalan datar serta pada jalan miring $\vartheta = 5,7^\circ$, batas kecepatan maksimum tidak mengalami guling sebesar 21,91 km/jam dan 116,92 km/jam. Jadi, jika kendaraan melebihi dari kecepatan tersebut, maka kendaraan semakin sulit dikendalikan.

Kata Kunci : guling, oversteer, slip, skid, stabilitas, understeer

ANALYSIS OF CENTER OF GRAVITY EFFECT ON DOUBLE DECK DIRECTION STABILITY

Name : Maslakhatus Zahro
NRP : 02111440000033
Departement : Teknik Mesin FTI-ITS
Supervisor : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc.,Ph.D

ABSTRACT

The population increase in Indonesia will affect the needs of transportation, especially bus as public transportation. Nowadays, public transport safety has been put attention by bus rider. One of the concerned issue regarding safety is road accident. Driver's negligence and low stability of the vehicle on the road are the responsible aspects to the high number of road accident. Therefore, analysis of vehicle direction stability, especially double deck bus, is needed.

The most critical condition is when the vehicle make a turn, because there are three behaviours of turning direction which are understeer, oversteer, and neutral. These three behaviours can be done with a few analysis. In this research, the analysis are slip, skid, and roll analysis. There are variations use in this research, which are velocity, turning angle, road horizontal slope, and friction coefficient variations. Slip analysis is done by finding each slip angle of the tires. Skid analysis is done by comparing centrifugal and friction force of the tires. Roll analysis is done by finding F_z value of each tires.

The result of this research is the double deck bus has the best turning condition when the vehicle in condition 4 (front extreme) because having small understeer coefficient and less oversteer condition. In this condition, the vehicle running in velocity of 50 km/hour with turning angle 35, the bigger angle of horizontal slope the smaller slip angle which is $\theta = 0^\circ$ the angle are $23,57^\circ$ and $41,23^\circ$ meanwhile on $\theta = 5,7^\circ$ the angle are $18,69^\circ$ and $35,51^\circ$. Vehicle has faster skid in wet asphalt rather than dry asphalt, velocity limit of not having skid in flat dry asphalt are 112,75 km/hour and 113,49 km/hour and in wet asphalt are 84,04 km/hour and 84,59 km/hour. Maximum velocity of the vehicle to not rolling in turning angle 35 are 3,91 km/hour and 112,46 km/hour in flat road and in angled road $\theta = 5,7^\circ$ are 21,91 km/hour and 116,92 km/hour. In conclusion, if the vehicle on higher speed than that, the vehicle will be harder to steer.

Keyword: roll, oversteer, slip, skid, stability, understeer.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul **Analisis Pengaruh Posisi *Center of Gravity* terhadap Stabilitas Arah Bus Double Deck** ini terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik karena bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis.
2. Orang tua penulis, Bapak Suhardi dan Ibu Hikmatul Munawaroh atas segala doa, semangat, dukungan dan bantuannya, serta kepada adik Muhammad Syah Fahlefi yang telah memberikan bantuan dalam hal apapun pada pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah mencurahkan ilmu, perhatian, waktu, tenaga, selalu memberikan bimbingan, arahan serta menjadi panutan bagi penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Ir. Julendra B. Ariatedja, MT, Dr. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA dan Ari Kurniawan Saputra, ST, MT, selaku dosen penguji seminar proposal dan sidang Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, saran dan masukan untuk perbaikan Tugas Akhir ini.

5. Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng., selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberikan perhatian, pelajaran, waktu, tenaga, dan masukan yang membangun hingga penulis mampu mengembangkan diri selama berkuliah di ITS.
6. Firda Maghfiroh, sepupu penulis yang selalu memberikan semangat, menghibur, mendukung, dan membantu penulis dalam hal apapun pada pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Amanda Rosalina, Anisa Ulfa Uziati, Betti Mawar Kalista selaku anggota “GENDATS” yang selalu menghibur dan mendukung penulis.
8. Lina ‘Ainun Nafi’ah, Kartika Firdausi, Arinda Cria Shanta, Binta Ali’ Tamara, Jasmi Aprilia Rustam, Deajeng Prameswari, Dina Andriyani, Syaldiles Putri Indahdinata teman penulis yang selalu menghibur dan menemani penulis dalam keseharian.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan S1 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang terdapat dalam penulisan Tugas Akhir ini. Sehingga penulis sangat mengharapkan segala bentuk kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan khususnya bagi penulis sendiri.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II DASAR TEORI | 5 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2.2 Titik Berat Kendaraan..... | 11 |
| 2.3 Sumbu Guling Kendaraan..... | 14 |
| 2.4 Jenis Perilaku Belok Kendaraan | 15 |
| 2.4.1. Perilaku Belok Kendaraan Ideal/ <i>Ackerman</i> | 15 |
| 2.4.2 Perilaku <i>Understeer</i> | 18 |
| 2.4.3 Perilaku <i>Oversteer</i> | 19 |
| 2.4.4 Pengaruh Kekakuan Ban pada Perilaku Arah Kendaraan..... | 20 |
| 2.5 Koefisien Gesek | 20 |
| 2.6 Gaya Hambat (<i>Drag</i>) Aerodinamik | 21 |
| 2.7 Sudut Slip Ban Radial | 22 |
| 2.8 Mengukur Perilaku Arah Kendaraan | 23 |
| 2.8.1 Analisa Slip untuk Kendaraan Belok pada Jalan Datar | 23 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 2.8.2 | Analisa <i>Slip</i> untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring | 30 |
| 2.8.3 | Analisa <i>Skid</i> Kendaraan pada Jalan Datar..... | 33 |
| 2.8.4 | Analisa <i>Skid</i> Kendaraan pada Jalan Miring..... | 34 |
| 2.8.5 | Analisa Guling Kendaraan pada Jalan Datar..... | 36 |
| 2.8.6 | Analisa Guling Kendaraan pada Jalan Miring | 38 |
| 2.8.7 | Analisa <i>Understeer</i> (Kus) | 40 |
| BAB III | METODOLOGI..... | 41 |
| 3.1 | <i>Flowchart</i> Penelitian | 41 |
| 3.2 | Prosedur Penelitian | 42 |
| 3.3 | <i>Flowchart</i> Perhitungan..... | 42 |
| 3.4 | Prosedur Perhitungan | 45 |
| 3.5 | <i>Flowchart</i> Menghitung CG dengan <i>Solidworks</i> | 48 |
| BAB IV | ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | 51 |
| 4.1. | Data dan Spesifikasi Kendaraan..... | 51 |
| 4.2 | Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan | 53 |
| 4.2.1. | Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan dengan Beberapa Kondisi pada Jalan Datar | 53 |
| 4.2.2. | Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan dengan Beberapa Kondisi pada Kemiringan Melintang Jalan | 57 |
| 4.3 | Analisa <i>Slip</i> Perilaku Arah Belok Kendaraan | 62 |
| 4.3.1. | Analisa Besarnya Sudut <i>Slip</i> yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Sudut Kemiringan Melintang Jalan..... | 62 |
| 4.3.2. | Analisa Besarnya Sudut <i>Slip</i> yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Beberapa Kondisi | 66 |
| 4.3.3 | Analisa Besarnya Sudut <i>Slip</i> yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Kecepatan..... | 70 |

| | | |
|---|--|------------|
| 4.4 | Analisa <i>Skid</i> Perilaku Arah Belok Kendaraan | 71 |
| 4.5 | Analisa Guling Perilaku Arah Belok Kendaraan | 89 |
| 4.6 | Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang..... | 101 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 105 |
| 5.1 | Kesimpulan | 105 |
| 5.2 | Saran | 107 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 108 |
| LAMPIRAN..... | | 111 |
| BIODATA PENULIS | | 149 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gambar 2. 1 | Grafik Sudut <i>Slip</i> Depan (α_f) terhadap Sudut Belok (δ_f) Mobil Toyota Agya dengan Variasi Kemiringan Melintang Jalan dan $V = 35$ km/jam..... | 5 |
| Gambar 2. 2 | Grafik Sudut <i>Slip</i> Depan (α_f) terhadap Sudut Belok (δ_f) Mobil Toyota Agya dengan Variasi Kemiringan Melintang Jalan dan $V = 35$ km/jam..... | 6 |
| Gambar 2. 3 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan (V_{sf}) dengan Sudut Belok (δ_f) pada Aspal Kering dan Aspal Basah | 6 |
| Gambar 2. 4 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang (V_{sr}) dengan Sudut Belok (δ_f) pada Aspal Kering dan Aspal Basah | 7 |
| Gambar 2. 5 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (V_{gf}) dengan Sudut Belok (δ_f) dan Sudut Kemiringan Melintang Jalan 5.7° | 8 |
| Gambar 2. 6 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (V_{gr}) dengan Sudut Belok (δ_f) dan Sudut Kemiringan Melintang Jalan 5.7° | 8 |
| Gambar 2. 7 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan dan Belakang..... | 10 |
| Gambar 2. 8 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang..... | 11 |
| Gambar 2. 9 | <i>Free Body Diagram</i> Bus <i>Double Deck</i> | 12 |
| Gambar 2. 10 | Penentuan Sumbu Guling <i>Sprung Mass</i> pada Kendaraan..... | 15 |
| Gambar 2. 11 | Posisi Pusat Massa dan Sumbu Guling | 15 |
| Gambar 2. 12 | Perilaku Belok <i>Ackerman</i> | 16 |

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 13 Kinematika Kendaraan Belok dengan Kondisi Nyata..... | 17 |
| Gambar 2. 14 Perilaku <i>Understeer</i> | 18 |
| Gambar 2. 15 Perilaku <i>Oversteer</i> | 19 |
| Gambar 2. 16 <i>Free Body Diagram</i> Kendaraan Saat Belok <i>Full Model</i> | 23 |
| Gambar 2. 17 <i>Free Body Diagram</i> Kendaraan Saat Berbelok pada Bidang Datar..... | 24 |
| Gambar 2. 18 Gaya-Gaya yang Terjadi Pada Roda Depan Kendaraan | 25 |
| Gambar 2. 19 Gaya-Gaya yang Terjadi pada Roda Belakang Kendaraan | 26 |
| Gambar 2. 20 Analisa Gaya-Gaya yang Terjadi pada Model Sistem Suspensi Kendaraan..... | 27 |
| Gambar 2. 21 <i>Lateral Transfer Load</i> yang Dilakukan pada Kendaraan | 29 |
| Gambar 2. 22 <i>Logitudinal Transfer Load</i> yang Dilakukan pada Kendaraan | 29 |
| Gambar 2. 23 <i>Free Body Diagram</i> untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring..... | 30 |
| Gambar 2. 24 <i>Free Body Diagram</i> Roda Depan Saat Belok pada Jalan Miring..... | 31 |
| Gambar 2. 25 <i>Free Body Diagram</i> untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring..... | 35 |
| Gambar 2. 26 <i>Free Body Diagram</i> untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring..... | 38 |
| Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian | 41 |
| Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Perhitungan | 44 |
| Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Perhitungan CG dengan <i>Solidworks</i> ... | 48 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| Gambar 4. 1 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 1 Jalan Datar | 54 |
| Gambar 4. 2 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 2 Jalan Datar | 54 |
| Gambar 4. 3 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 3 Jalan Datar | 55 |
| Gambar 4. 4 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 4 Jalan Datar | 55 |
| Gambar 4. 5 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 5 Jalan Datar | 56 |
| Gambar 4. 6 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 1 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7^\circ$ | 58 |
| Gambar 4. 7 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 2 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7^\circ$ | 58 |
| Gambar 4. 8 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 3 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7^\circ$ | 59 |
| Gambar 4. 9 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 4 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7^\circ$ | 59 |
| Gambar 4. 10 | Grafik Koefisien <i>Understeer</i> (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 5 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7^\circ$ | 60 |
| Gambar 4. 11 | Grafik Sudut <i>Slip</i> Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus <i>Double Deck</i> pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 0^\circ$ | 62 |

- Gambar 4. 12** Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 2.29^\circ$ 63
- Gambar 4. 13** Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 3.34^\circ$ 63
- Gambar 4. 14** Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 4.57^\circ$ 64
- Gambar 4. 15** Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 5.7^\circ$ 64
- Gambar 4. 16** Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan *Slip* Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^\circ$ pada Kondisi 166
- Gambar 4. 17** Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan *Slip* Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^\circ$ pada Kondisi 267
- Gambar 4. 18** Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan *Slip* Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus

| | | |
|---------------------|--|----|
| | <i>Double Deck</i> saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^\circ$ pada Kondisi 3 | 67 |
| Gambar 4. 19 | Grafik Sudut <i>Slip</i> Roda Depan (α_f) dan <i>Slip</i> Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus <i>Double Deck</i> saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^\circ$ pada Kondisi 4 | 68 |
| Gambar 4. 20 | Grafik Sudut <i>Slip</i> Roda Depan (α_f) dan <i>Slip</i> Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus <i>Double Deck</i> saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^\circ$ pada Kondisi 5 | 68 |
| Gambar 4. 21 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 1 (Ekstrim Penuh) | 72 |
| Gambar 4. 22 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 1 (Ekstrim Penuh) | 72 |
| Gambar 4. 23 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 2 (Ekstrim Atas)..... | 76 |
| Gambar 4. 24 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 2 (Ekstrim Atas) | 76 |
| Gambar 4. 25 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 3 (Ekstrim Kosong) .. | 80 |
| Gambar 4. 26 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 3 (Ekstrim Kosong) | 81 |
| Gambar 4. 27 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 4 (Ekstrim Penuh) | 82 |
| Gambar 4. 28 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 4 (Ekstrim Penuh) | 83 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| Gambar 4. 29 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 5 (Ekstrim Belakang) | 87 |
| Gambar 4. 30 | Grafik Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 5 (Ekstrim Belakang) | 87 |
| Gambar 4. 31 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) dengan Sudut Belok pada Kondisi 1..... | 90 |
| Gambar 4. 32 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 1 | 91 |
| Gambar 4. 33 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) terhadap Sudut Belok pada Kondisi 2 | 92 |
| Gambar 4. 34 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 2 | 93 |
| Gambar 4. 35 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) terhadap Sudut Belok pada Kondisi 3 | 95 |
| Gambar 4. 36 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 3 | 95 |
| Gambar 4. 37 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) terhadap Sudut Belok pada Kondisi 4 | 96 |
| Gambar 4. 38 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 4 | 97 |
| Gambar 4. 39 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) terhadap Sudut Belok pada Kondisi 5 | 99 |
| Gambar 4. 40 | Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 5 | 99 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabel 2. 1 | Sudut <i>Slip</i> Roda Depan dan Roda Belakang..... | 9 |
| Tabel 2. 2 | Koefisien Adhesi Ban pada Berbagai Jenis Jalan.. | 20 |
| Tabel 2. 3 | Nilai Rata-Rata Koefisien Hambatan <i>Rolling</i> untuk Berbagai Jenis Ban Kendaraan dan Berbagai Kondisi Permukaan Jalan | 21 |
| Tabel 4. 1 | Spesifikasi Bus Double Deck..... | 51 |
| Tabel 4. 2 | Letak Posisi Titik Berat Bus dengan Berbagai Kondisi | 52 |
| Tabel 4. 3 | Nilai Koefisien <i>Understeer</i> Berdasarkan Variasi Kondisi pada Jalan Datar..... | 57 |
| Tabel 4. 4 | Nilai Koefisien <i>Understeer</i> Berdasarkan Variasi Kondisi pada Jalan Miring..... | 60 |
| Tabel 4. 5 | Sudut <i>Slip</i> Rata-Rata Roda Depan (α_f) dan Belakang (α_r) pada Kondisi 4 dengan Kecepatan 25-50 km/jam pada Kemiringan Jalan $\theta=5.7^\circ$ | 70 |
| Tabel 4. 6 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan pada Kondisi 1 (Ekstrim Penuh) | 73 |
| Tabel 4. 7 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang pada Kondisi 1 (Ekstrim Penuh) | 73 |
| Tabel 4. 8 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan pada Kondisi 2 (Ekstrim Atas)..... | 77 |
| Tabel 4. 9 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang pada Kondisi 2 (Ekstrim Atas)..... | 77 |
| Tabel 4. 10 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan pada Kondisi 3 (Ekstrim Kosong) | 79 |
| Tabel 4. 11 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang pada Kondisi 3 (Ekstrim Kosong) | 80 |
| Tabel 4. 12 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan pada Kondisi 4 (Ekstrim Depan) | 83 |
| Tabel 4. 13 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang pada Kondisi 4 (Ekstrim Depan) | 84 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Tabel 4. 14 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Depan pada Kondisi 5 (Ekstrim Belakang)..... | 85 |
| Tabel 4. 15 | Batas Kecepatan <i>Skid</i> Roda Belakang pada Kondisi 5 (Ekstrim Belakang)..... | 86 |
| Tabel 4. 16 | Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang pada Kondisi 1 | 90 |
| Tabel 4. 17 | Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang pada Kondisi 2 | 93 |
| Tabel 4. 19 | Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang pada Kondisi 4 | 97 |
| Tabel 4. 20 | Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang pada Kondisi 5 | 98 |
| Tabel 4. 21 | Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu | 102 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang setiap tahunnya mengalami peningkatan jumlah penduduk. Dilihat dari data Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2017 mencapai angka 261 juta jiwa, dan diperkirakan akan meningkat menjadi 305 juta jiwa pada tahun 2035.[4] Seiring meningkatnya populasi manusia, kebutuhan alat transportasi juga semakin meningkat. Hingga saat ini jumlah kendaraan di Indonesia mencapai 121 juta kendaraan. Alat transportasi yang banyak diminati oleh masyarakat untuk jarak jauh adalah bus. Bus merupakan alat transportasi massal yang dapat menampung banyak penumpang maupun barang. Saat ini jumlah bus di Indonesia mencapai 2,4 juta kendaraan.[2]

Masalah keselamatan dan keamanan sarana transportasi umum sudah menjadi perhatian masyarakat pengguna bus. Untuk saat ini, ada banyak berita yang berhubungan dengan keselamatan penumpang yaitu kecelakaan. Kecelakaan bisa terjadi dimana saja dan kapan saja. Banyak sekali penyebab dari kecelakaan yang terjadi pada kendaraan, terutama bus antara lain bus menabrak kendaraan lain, menabrak pohon, bahkan bus terguling. Berdasarkan data kecelakaan bus yang terjadi di Indonesia dari tahun 2010-2016, tercatat bahwa dari 41 kasus kecelakaan bus 11 kasusnya merupakan jenis kecelakaan terguling dengan korban jiwa meninggal mencapai 56 orang serta luka-luka sebanyak 256 orang.[5] Tingginya angka kecelakaan tersebut sebagian besar diakibatkan kelalaian pengemudi dan kurangnya stabilitas kendaraan saat di jalanan. Dari analisa yang dilakukan Komisi Nasional Keselamatan dan Transportasi (KNKT) menyebutkan bahwa kendaraan di Indonesia kurang memenuhi standar kestabilan, yang berarti pada kecepatan tinggi kendaraan cenderung tidak stabil.

Kestabilan kendaraan berfungsi agar perilaku arah gerak kendaraan tidak membahayakan bagi penumpang sehingga dapat menghindari kecelakaan. Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kenyamanan dan keamanan kendaraan adalah perilaku arah kendaraan saat mengalami gerakan belok. Keadaan paling kritis pada kendaraan adalah saat kendaraan mengalami gerakan belok yang dapat menunjukkan kualitas kestabilan dari kendaraan. Kondisi ketidakstabilan pada kendaraan saat berbelok disebut *understeer* dan *oversteer*. *Understeer* merupakan kondisi dimana ban belakang mengalami *skid* sehingga susah berbelok, sedangkan *oversteer* adalah kondisi dimana ban depan kendaraan mengalami *skid* sehingga terlalu cepat berbelok. Keadaan ideal disaat sudut belok yang diberikan oleh pengemudi sama dengan sudut belok pada kendaraan atau disebut dengan kondisi ackerman / kondisi belok ideal. Selain itu kendaraan akan mengalami bahaya guling jika pada saat belok ada roda yang terangkat.

Berdasarkan kecelakaan yang pernah ada pada kendaraan bus, maka diperlukan analisa kestabilan kendaraan bus terutama bus jenis *double deck*. Analisa kestabilannya berdasarkan variasi kecepatan, sudut belok, kemiringan melintang jalan, dan jenis permukaan jalan. Analisa yang dilakukan adalah analisa *skid*, analisa *slip*, dan analisa guling. Dari analisa ini diharapkan pengemudi dapat mengatur kecepatan saat belok dengan kondisi tersebut. Sehingga memberikan informasi ke pengemudi agar dapat mengetahui perilaku arah kendaraan dan juga batasan kecepatan agar kendaraan tetap stabil.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perilaku arah kendaraan bus *double deck* berdasarkan analisa *skid*, analisa *slip*, dan analisa guling?
2. Berapakah besar sudut *slip* pada roda depan dan roda belakang bus *double deck*?

3. Berapakah kecepatan maksimum dari kendaraan bus *double deck* berdasarkan analisa *skid*, analisa *slip*, dan analisa guling?
4. Berapakah koefisien *understeer* kendaraan berdasarkan sudut beloknya?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bus yang dianalisa adalah bus *double deck*.
2. Kecepatan belok kendaraan dianggap konstan.
3. Analisa dilakukan dengan 5 variasi kondisi, kondisi pertama adalah ekstrim penuh, kondisi kedua adalah ekstrim atas, kondisi ketiga adalah ekstrim kosong, kondisi keempat adalah ekstrim depan, dan kondisi kelima adalah ekstrim belakang.
4. Berat badan penumpang dan kursi dianggap sama yaitu 100 kg dan kapasitas maksimum bagasi adalah 1000 kg.
5. Ban yang digunakan adalah ban radial baru.
6. Tekanan ban 70 psi.
7. Jalan diasumsikan rata dan tidak bergelombang.
8. Beban angin yang terjadi pada kendaraan yaitu gaya hambat (*drag*).
9. Koefisien adhesi yang digunakan adalah aspal kering ($\mu = 0,9$) dan aspal basah ($\mu = 0,5$ dan $0,7$).
10. Analisa dilakukan dengan variasi kecepatan saat belok 20 km/jam - 50 km/jam.
11. Analisa dilakukan dengan variasi sudut belok 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30° , 35° .
12. Kemiringan jalan sesuai dengan standar geometri jalan dengan sudut kemiringan 0° , 2.29° , 3.43° , 4.57° , dan 5.7° .

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perilaku arah kendaraan bus jenis *double deck* berdasarkan analisa *skid*, analisa *slip*, dan analisa guling.
2. Mengetahui besar sudut *slip* pada roda depan dan roda belakang bus *double deck*.
3. Mengetahui kecepatan maksimum dari kendaraan bus *double deck* berdasarkan analisa *slip*, analisa *skid* dan analisa guling.
4. Mengetahui nilai koefisien *understeer* indeks (kus) dari kendaraan bus.

1.5 Manfaat Penelitian

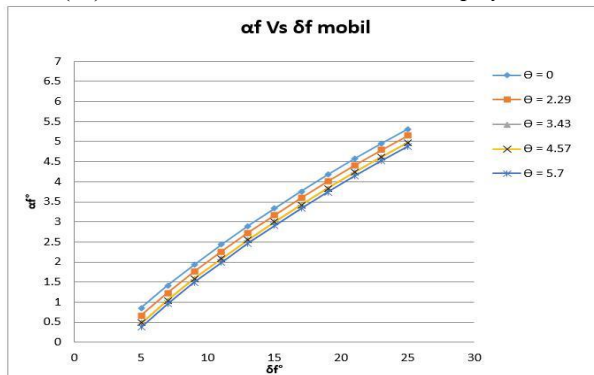
Adapun manfaat penelitian dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh berbagai variasi kecepatan, sudut belok dan kemiringan melintang jalan terhadap perilaku arah kendaraan bus *double deck*.
2. Memberikan rekomendasi kepada pengemudi mengenai kecepatan maksimum yang diizinkan agar kendaraan tetap stabil.
3. Media penelitian dan pengembangan ilmu dibidang otomotif.

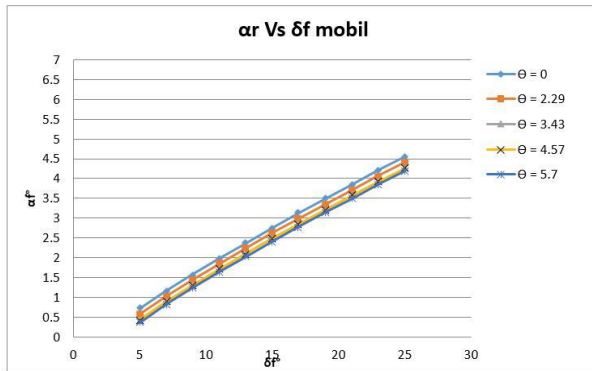
BAB II DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai “Analisis Stabilitas Arah Mobil Toyota Agya G dengan Variasi Jumlah Penumpang, Kecepatan Belok, Sudut Belok, dan Kemiringan Melintang Jalan” dilakukan oleh Faisal Rahman pada tahun 2017. Dari penelitian yang pernah dilakukan, didapatkan hasil seperti pada gambar 2.1 dan 2.2. Berdasarkan Gambar 2.1 dan 2.2, dapat dilihat bahwa semakin besar sudut melintang jalan maka semakin kecil sudut slipnya. Diikuti juga dengan semakin besar kecepatan kendaraan (V) dan sudut belok (δf), maka semakin besar sudut *slip*nya.

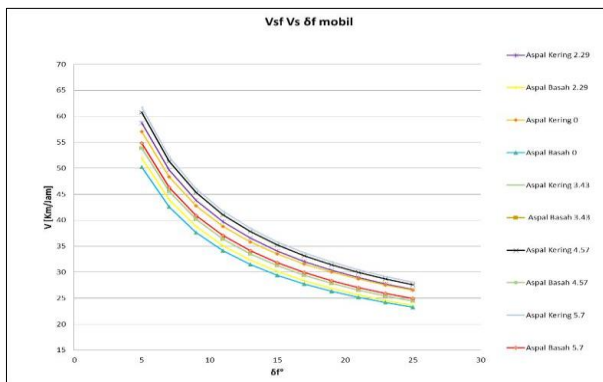


Gambar 2. 1 Grafik Sudut *Slip* Depan (αf) terhadap Sudut Belok (δf) Mobil Toyota Agya dengan Variasi Kemiringan Melintang Jalan dan $V = 35$ km/jam [8]

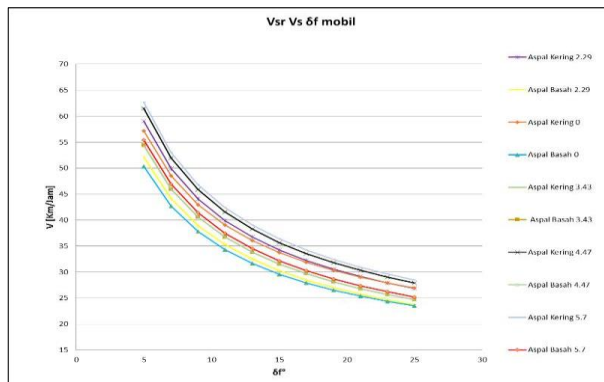


Gambar 2. 2 Grafik Sudut *Slip* Depan (α_f) terhadap Sudut Belok (δ_f) Mobil Toyota Agya dengan Variasi Kemiringan Melintang Jalan dan $V = 35$ km/jam [8]

Selain berpengaruh terhadap sudut *slip* (α_f dan α_r), besarnya sudut belok (δ_f) juga berpengaruh terhadap kecepatan *skid* (V_s) yang dapat dilihat pada gambar 2.3 dan 2.4 dibawah ini.

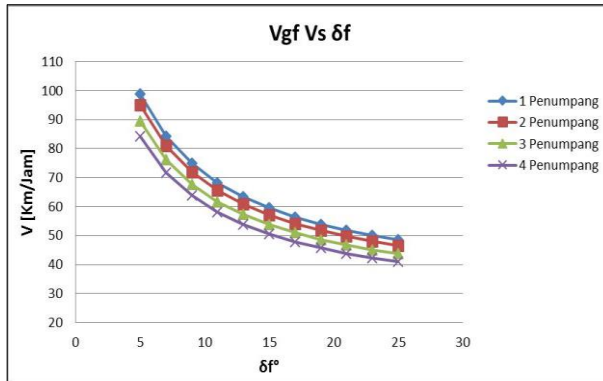


Gambar 2. 3 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan (V_{sf}) dengan Sudut Belok (δ_f) pada Aspal Kering dan Aspal Basah [8]

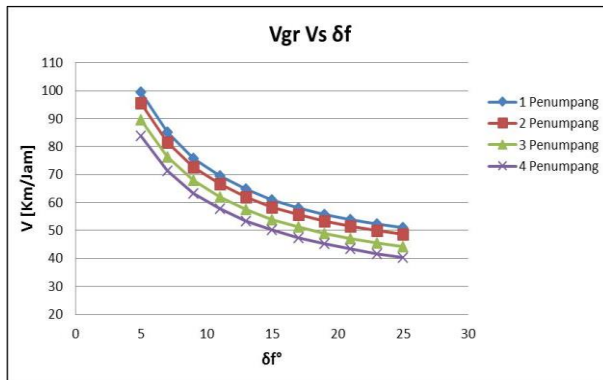


Gambar 2. 4 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang (V_{sr}) dengan Sudut Belok (δ_f) pada Aspal Kering dan Aspal Basah [8]

Berdasarkan gambar 2.3 dan 2.4, dapat diketahui mobil Toyota Agya akan cenderung mengalami kondisi *understeer*. Hal ini dikarenakan kecepatan *skid* roda depan lebih kecil daripada kecepatan *skid* roda belakang. Pada gambar grafik diatas juga dapat dilihat *trendline* batas kecepatan kendaraan tidak mengalami *skid* akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya sudut belok kendaraan. Saat kendaraan melaju pada kondisi jalan aspal kering, kendaraan memiliki batas kecepatan *skid* yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi jalan aspal basah. Sehingga kendaraan yang melaju pada jalan basah akan lebih cepat mengalami *skid*. Selain itu, dapat dilihat bahwa semakin besar sudut kemiringan melintang jalan yang dilalui oleh kendaraan maka kecepatan kendaraan tidak mengalami *skid* akan semakin besar. Selain analisa *skid*, dibawah ini merupakan grafik dari analisa guling:



Gambar 2. 5 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (V_{gf}) dengan Sudut Belok (δ_f) dan Sudut Kemiringan Melintang Jalan 5.7° [8]



Gambar 2. 6 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (V_{gr}) dengan Sudut Belok (δ_f) dan Sudut Kemiringan Melintang Jalan 5.7° [8]

Berdasarkan gambar 2.5 dan 2.6, dapat dilihat bahwa nilai V_{gf} selalu lebih kecil daripada nilai V_{gr} sehingga salah satu roda depan kendaraan akan terangkat terlebih dahulu. Hal ini menunjukkan

bahwa mobil Toyota Agya cenderung mengalami kondisi *understeer* pada saat satu hingga tiga penumpang. Pada saat mobil dinaiki 4 penumpang, nilai V_{gf} lebih besar dibandingkan nilai V_{gr} sehingga salah satu roda belakang terangkat. Hal ini menunjukkan bahwa mobil Toyota Agya cenderung mengalami *oversteer* saat dinaiki oleh 4 penumpang. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa *trendline* batas kecepatan guling kendaraan mengalami penurunan untuk setiap penambahan sudut belok kendaraan.

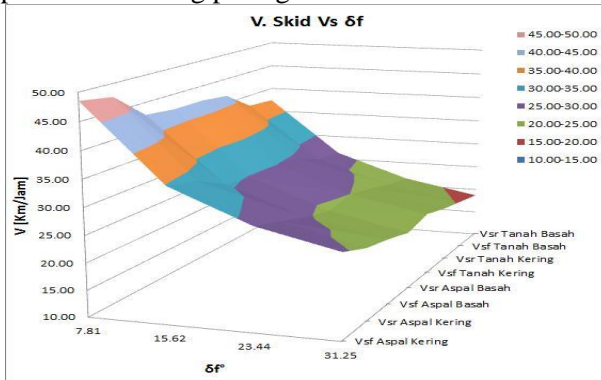
Penelitian selanjutnya oleh Deva Andriansyah dalam tugas akhirnya yang berjudul “Analisis Pengaruh Parameter Operasional dan Penggunaan *Stabilizer* terhadap Perilaku Arah Belok Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4X4)”. Dalam tugas akhirnya, Deva Andriansyah melakukan analisa dengan variasi kecepatan 10 km/jam hingga 50 km/jam, dengan variasi sudut kemiringan melintang jalan 0° , 5° , dan 10° , serta variasi sudut belok $7,81^\circ$, $15,62^\circ$, $23,44^\circ$, dan $31,25^\circ$. Hasil dari analisa yang telah dilakukan oleh peneliti didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Sudut *Slip* Roda Depan dan Roda Belakang [1]

| $\delta f [^\circ]$ | 1 Penumpang | | 2 Penumpang | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | $\alpha f [^\circ]$ | $\alpha f [^\circ]$ | $\alpha f [^\circ]$ | $\alpha f [^\circ]$ |
| 7,81 | 6,5022 | 6,0749 | 6,6276 | 6,2243 |
| 15,62 | SKID | SKID | SKID | SKID |
| 23,44 | SKID | SKID | SKID | SKID |
| 31,25 | SKID | SKID | SKID | SKID |
| $\delta f [^\circ]$ | 4 Penumpang | | 7 Penumpang | |
| | $\alpha f [^\circ]$ | $\alpha f [^\circ]$ | $\alpha f [^\circ]$ | $\alpha f [^\circ]$ |
| 7,81 | 6,7385 | 6,6553 | 6,6673 | 7,4820 |
| 15,62 | SKID | SKID | SKID | SKID |
| 23,44 | SKID | SKID | SKID | SKID |
| 31,25 | SKID | SKID | SKID | SKID |

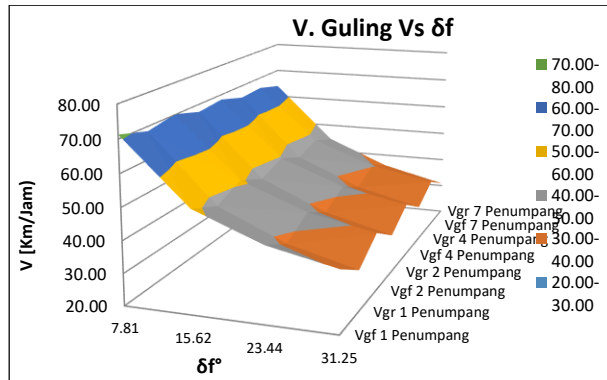
Dapat dilihat pada tabel 2.1 bahwa semakin banyak jumlah penumpang yang berada pada kendaraan menyebabkan sudut slip yang terjadi pada ban semakin besar. Perlu diketahui juga sudut *slip* roda belakang mobil Toyota Fortuner ini menjadi semakin

besar seiring dengan penambahan jumlah penumpang. Namun, hal itu tidak berlaku untuk besarnya sudut *slip* yang terjadi pada roda depan dengan 7 penumpang, besarnya sudut *slip* pada ban depan semakin besar untuk jumlah penumpang sebanyak 1, 2, 3 dan 4. Selanjutnya adalah batas kecepatan maksimum tidak mengalami *skid* depan dan belakang pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan dan Belakang [1]

Berdasarkan grafik 2.7, dapat diketahui bahwa mobil Toyota Fortuner ini cenderung mengalami *oversteer* karena $V_{sf} > V_{sr}$. Pada grafik diatas juga dapat dilihat bahwa *trendline* batas kecepatan *skid* kendaraan mengalami penurunan untuk setiap penambahan sudut belok kendaraan. Hal ini menandakan bahwa semakin besar sudut belok yang diberikan maka batas kecepatan *skid* depan dan belakang akan semakin menurun. Pada saat kendaraan melaju pada permukaan jalan aspal kering, kendaraan memiliki batas kecepatan maksimum *skid* yang lebih tinggi daripada melaju pada permukaan jalan yang lain. Batas kecepatan maksimum *skid* kendaraan paling kecil dijumpai ketika kendaraan melaju pada permukaan jalan tanah basah. Selanjutnya merupakan gambar 2.8 grafik batas kecepatan maksimum tidak mengalami guling roda depan (V_{gf}) dan belakang (V_{gr}).

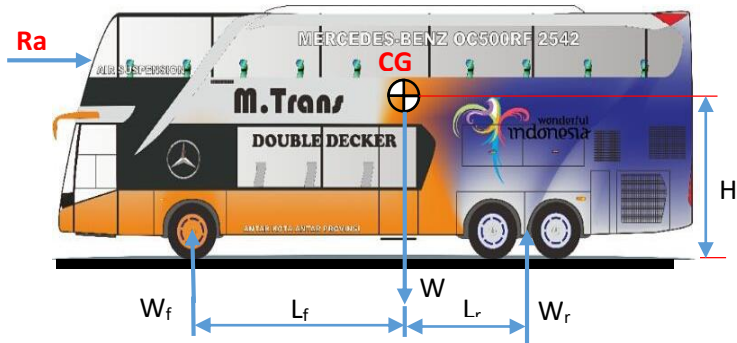


Gambar 2. 8 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang [1]

Berdasarkan gambar 2.8, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan kendaraan akan cenderung mengalami kondisi *oversteer* karena $V_{fs} > V_{rs}$. Semakin bertambahnya jumlah penumpang maka kecepatan guling akan mengalami penurunan. Hal ini dapat terjadi karena adanya penambahan penumpang menyebabkan titik berat kendaraan bergeser ke atas. Sehingga jarak antara sumbu guling dengan titik berat kendaraan menjadi semakin besar. Oleh sebab itu, momen guling yang terjadi pada kendaraan yang sedang berbelok akan semakin meningkat. Meningkatnya nilai dari momen guling pada kendaraan ini menyebabkan batas kecepatan guling akan menurun.

2.2 Titik Berat Kendaraan

Dinamika kendaraan banyak melibatkan gaya-gaya yang bekerja pada kendaraan tersebut dan sangat dipengaruhi oleh berat kendaraan. Posisi titik berat kendaraan ternyata memegang peranan penting untuk mengetahui stabilitas kendaraan. Titik berat kendaraan bisa didapatkan dengan melakukan perhitungan gaya reaksi yang terjadi pada roda depan atau belakang. Gaya reaksi dari roda depan (W_f) dan roda belakang (W_r) jika dijumlah akan sama dengan berat total dari kendaraan (W), seperti pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 *Free Body Diagram Bus Double Deck* [10]

Untuk mengukur jarak sumbu roda depan dengan pusat titik berat dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip mekanika teknik. Sumbu roda sebagai pusat momen, maka akan didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$L_f = \frac{W_r \cdot L}{W} \quad (2.1)$$

$$L_r = \frac{W_f \cdot L}{W} \quad (2.2)$$

dimana :

W_f = beban reaksi pada roda depan

W_r = beban reaksi pada roda belakang

W = berat kendaraan

L_f = jarak dari *center of gravity* ke pusat poros depan

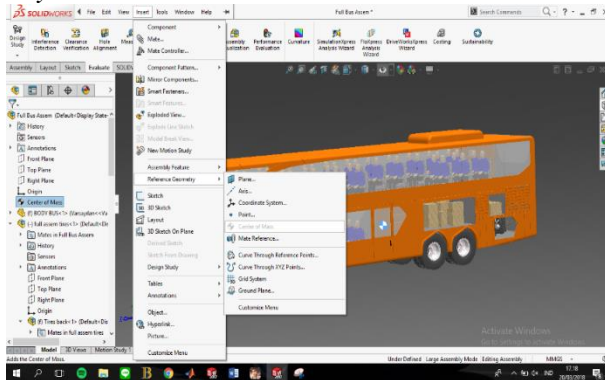
L_r = jarak dari *center of gravity* ke pusat poros belakang

L = jarak antara poros roda depan dan belakang kendaraan

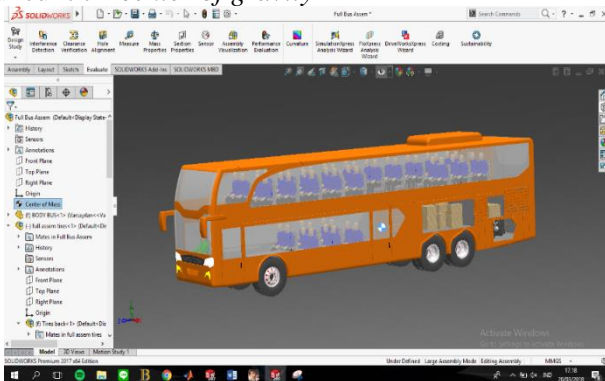
Dalam mencari *center of gravity* pada suatu kendaraan biasanya menggunakan timbangan untuk mengetahui berat kendaraannya. Namun dalam kasus bus *double deck* tidak memungkinkan untuk dilakukan penimbangan berat kendaraan. Oleh karena itu, untuk mencari *center of gravity* nya bisa dilakukan

pendekatan dengan *solidworks*. Adapun cara untuk mendapatkan *center of gravity* dengan *solidworks* adalah sebagai berikut:

1. Buka file 3D objek yang akan diteliti pada *software solidworks*.
2. Setelah 3D terbuka, akan dilakukan pencarian titik *center of gravity*.

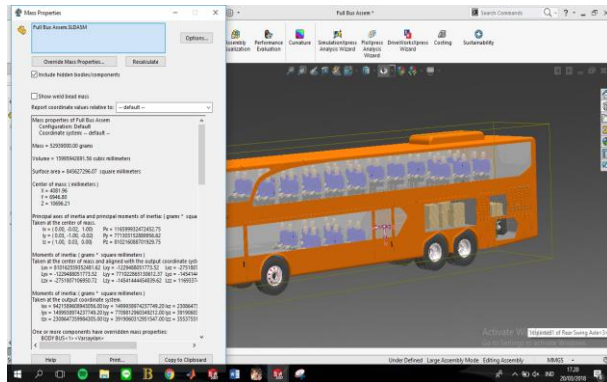


3. Klik menu Insert > Reference Geometry > Center of Mass
4. Muncul titik *center of gravity*



5. Untuk mengetahui nilainya, maka klik bar Evaluate
6. Setelah Evaluate terbuka, akan muncul beberapa toolbar.
7. Klik mass properties.

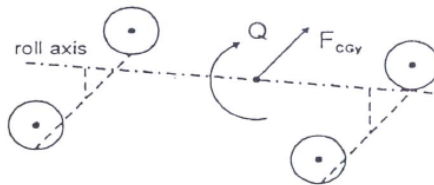
8. Muncul hasil posisi *center of gravity* untuk sumbu x, y, dan z



9. Mendapatkan hasil posisi *center of gravity* secara otomatis dari perhitungan oleh *solidworks*.

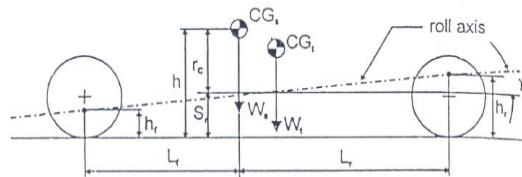
2.3 Sumbu Guling Kendaraan

Sumbu guling merupakan sumbu putar dari gerakan guling atau *rolling* bodi kendaraan. Selama berbelok kendaraan dikenai gaya kea rah lateral sehingga akan menyebabkan gerakan *rolling* kendaraan. Pada dasarnya momen guling yang berada di sumbu guling adalah sama dengan nol. Sumbu guling ini melalui titik guling depan dan titik guling belakang. Posisi dari titik guling depan dan belakang ditentukan oleh sifat suspensi depan dan belakang, namun dalam penulisan di Tugas Akhir ini posisi sumbu guling diasumsikan berada tepat di tengah pada arah lateral dan dengan ketinggian setengah dari diameter roda. Sumbu guling ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Penentuan Sumbu Guling *Sprung Mass* pada Kendaraan [10]

Gerakan kendaraan berdasarkan pada gerakan pusat massa cg dan dengan adanya *roll* maka akan terjadi gerakan *relative* antara *sprung mass* dan *unsprung mass*, hal ini ditunjukkan pada gambar 2.11 dibawah ini.

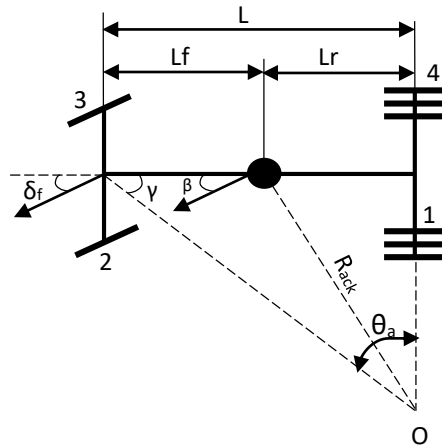


Gambar 2. 11 Posisi Pusat Massa dan Sumbu Guling [10]

2.4 Jenis Perilaku Belok Kendaraan

2.4.1. Perilaku Belok Kendaraan Ideal/Ackerman

Perilaku gerak belok *ackerman* disebut juga dengan perilaku gerak belok ideal yang artinya menganggap bahwa tidak ada sudut *slip* yang terjadi pada ban atau arah gerak ban sama dengan bidang putar ban. Kondisi ini pada kenyataannya sulit terjadi atau mungkin terjadi pada gerakan belok dengan kecepatan sangat rendah atau pada saat belok dengan radius besar sehingga gaya sentrifugal yang terjadi belum mampu membentuk sudut *slip* pada ban. Perilaku *ackerman* ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Perilaku Belok Ackerman [10]

Keterangan :

- O = sumbu pusat sesaat
- $R_{ackerman}$ = radius belok *ackerman* (ideal) ($^{\circ}$)
- β = *side slip angle* kendaraan ($^{\circ}$)
- γ = sudut belok ideal ($^{\circ}$)
- δ_f = sudut *steer* rata-rata roda depan ($^{\circ}$)
- L_f = jarak roda depan ke titik *center of gravity* kendaraan (m)
- L_r = jarak roda belakang ke *center of gravity* kendaraan (m)

Besarnya radius belok ideal (*ackerman*) secara sederhana dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$R_{ackerman} = \frac{L_f + L_r}{\delta_f} 57,29 \quad (2.3)$$

Dikarenakan radius belok *ackerman* dianggap sama dengan radius belok minimum jalan, *side slip angle* (β) dapat dihitung dengan cara sederhana menggunakan persamaan trigonometri.

$$\sin \beta = \frac{L_r}{R_{ackerman}} \quad (2.4)$$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{L_r}{R_{ackerman}}\right) \quad (2.5)$$

Pada kondisi nyata kendaraan saat berbelok sangat dipengaruhi oleh gaya sentrifugal yang menyebabkan sudut slip pada setiap ban. Kondisi belok netral dapat terjadi ketika sudut slip roda depan sama dengan sudut slip roda belakang. Radius belok nyata dari kendaraan dapat diketahui persamaan matematisnya dari gambar 2.13. Radius belok nyata kendaraan dirumuskan sebagai berikut:

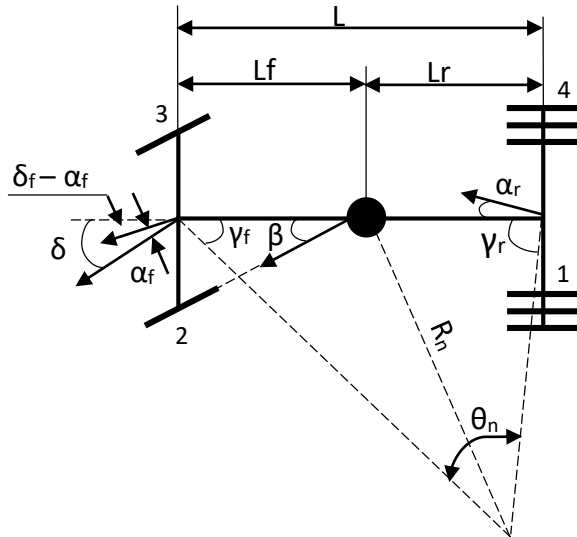
$$R_n = \frac{L_f + L_r}{\delta_f + \alpha_r - \alpha_f} 57,29 \quad (2.6)$$

Dimana :

R_n = radius belok nyata dari kendaraan

α_f = besar sudut slip depan

α_r = besar sudut slip belakang



Gambar 2. 13 Kinematika Kendaraan Belok dengan Kondisi Nyata [10]

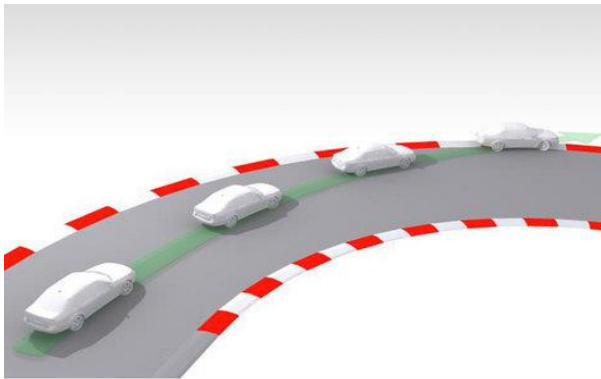
Kondisi belok netral terjadi jika :

$$R_{ack} = R_n$$

$$\alpha_r = \alpha_f$$

2.4.2 Perilaku *Understeer*

Kondisi *understeer* adalah kondisi dimana kendaraan sulit berbelok atau disebut juga kurang belok, sehingga memerlukan sudut belok yang lebih besar untuk radius tertentu seperti tampak pada gambar 2.14. Radius belok pada perilaku *understeer* juga lebih besar dibandingkan dengan radius belok kendaraan dengan perilaku normal. Kondisi ini biasanya terjadi karena mobil memasuki tikungan terlalu cepat. Kondisi *understeer* sangat berbahaya karena dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan bila mobil sampai keluar dari jalan.



Gambar 2. 14 Perilaku *Understeer* [10]

Mengacu pada gambar 2.14 dan analisa seperti pada kondisi kendaraan belok nyata, maka untuk kondisi understeer terjadi bila:

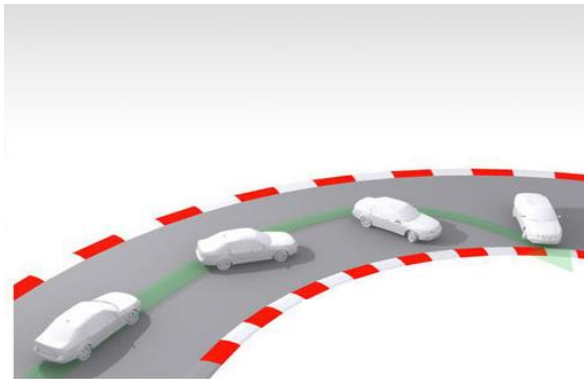
$$R_{ack} < R_n$$

$$\alpha_r < \alpha_f$$

2.4.3 Perilaku *Oversteer*

Kondisi *oversteer* adalah kondisi dimana mobil berbelok melebihi yang diinginkan oleh pengemudi. Pada kondisi ini kendaraan menjadi sangat sulit untuk dikendalikan dan sering mengakibatkan "*lost of control*" dimana pengemudi tidak lagi mampu mengendalikan kendaraan dan menyebabkan terjadinya kecelakaan, kondisi ini tampak pada gambar 2.15. Hal ini terjadi akibat dilakukannya pengereman saat masuk tikungan.

Bila pengemudi mengerem pada saat kondisi menikung, berat mobil berpindah ke roda depan dan roda belakang kehilangan sebagian besar daya cengkramnya. Faktor lain yang menyebabkan *oversteer* adalah pemutaran setir secara tiba-tiba. Bahaya dari kondisi *oversteer* adalah mobil menjadi berputar tidak terkendali dan menabrak sesuatu dari samping.



Gambar 2. 15 Perilaku *Oversteer* [10]

Cara menghindari perilaku *oversteer* dapat dilakukan dengan cara mengurangi kecepatan kendaraan saat memasuki tikungan. Namun jika kondisi *oversteer* terlanjur terjadi, cara yang dapat dilakukan adalah tidak melakukan pengereman, menggunakan *counter-attack* atau memutar setir kearah berlawanan, dan mengurangi injakan pada pedal gas dapat

membantu mengembalikan kestabilan kendaraan yang mengalami *oversteer*. Kondisi *oversteer* terjadi jika:

$$R_{ack} > R_n$$

$$\alpha_r > \alpha_f$$

2.4.4 Pengaruh Kekakuan Ban pada Perilaku Arah Kendaraan

Peran kekakuan ban terhadap perilaku arah kendaraan yaitu bersamaan dengan sistem suspensi kendaraan untuk melawan terjadinya *body roll* ketika kendaraan berbelok. Untuk ban yang berputar (*rolling*), Phillips telah melakukan pengujian tentang kekakuan ban bias dan radial sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut.

Untuk ban radial:

$$K_t = 430 + 27,9167 (P) \quad (2.7)$$

dimana,

K_t = Kekakuan ban (lb/in)

P = Tekanan ban (lb)

2.5 Koefisien Gesek

Kekasaran permukaan jalan adalah faktor utama yang mempengaruhi koefisien gesek antara ban dan jalan. Untuk jalan kering dengan permukaan halus akan memberikan koefisien gesek yang besar antara ban dan jalan, namun sebaliknya jika ia dalam keadaan basah maka akan memberikan koefisien gesek yang kecil. J.J Taborek dari hasil studinya memberikan koefisien adhesi rata-rata antara ban dan jalan untuk bermacam jenis jalan yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Koefisien Adhesi Ban pada Bermacam Jenis Jalan [11]

| Permukaan Jalan | Koefisien Adhesi Tertinggi (μ_p) | Koefisien Adhesi Roda Lock (μ_p) |
|-----------------|--|--|
| Aspal (kering) | 0,8 - 0,9 | 0,75 |
| Aspal (basah) | 0,5 - 0,7 | 0,55 - 0,6 |

| | | |
|----------------------|------|-----------|
| Beton (basah) | 0,8 | 0,7 |
| Gravel | 0,6 | 0,55 |
| Jalan tanah (kering) | 0,68 | 0,65 |
| Jalan tanah (basah) | 0,55 | 0,4 - 0,5 |
| Snow | 0,2 | 0,15 |
| Ice | 0,1 | 0,07 |

Besar gaya hambat *rolling* (R_r) yang terjadi antara permukaan jalan dengan ban kendaraan adalah sebagai berikut:

$$R_r = f_r \cdot W \quad (2.8)$$

$$R_{rf} = f_r \cdot W_f \quad (2.9)$$

$$R_{rr} = f_r \cdot W_r \quad (2.10)$$

dimana:

W = berat total kendaraan

W_f = berat kendaraan bagian depan

W_r = berat kendaraan bagian belakang

f_r = koefisien hambatan *rolling* antara ban dengan permukaan jalan

Tabel 2. 3 Nilai Rata-Rata Koefisien Hambatan *Rolling* untuk Berbagai Jenis Ban Kendaraan dan Berbagai Kondisi Permukaan Jalan [11]

| Jenis Kendaraan | Permukaan Jalan | | |
|---------------------|-----------------|-------------|-------|
| | Beton | Keras/Aspal | Pasir |
| Kendaraan penumpang | 0,015 | 0,08 | 0,3 |
| Truk | 0,012 | 0,06 | 0,25 |
| Traktor | 0,020 | 0,04 | 0,2 |

2.6 Gaya Hambat (*Drag*) Aerodinamik

Gaya hambat adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan. Secara umum persamaan gaya hambat angin adalah :

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \quad (2.11)$$

Dimana:

C_d = koefisien gaya hambat

ρ = *density* udara (kg/ m³)

V_a = kecepatan relatif angin terhadap kendaraan (m/det)

A_f = luas frontal kendaraan (m²)

2.7 Sudut Slip Ban Radial

Untuk menentukan sudut slip roda depan dan belakang adalah:

$$\alpha_f = \frac{\alpha_2 + \alpha_3}{2} \quad (2.12)$$

$$\alpha_r = \frac{\alpha_1 + \alpha_4}{2} \quad (2.13)$$

Rumusan sudut slip untuk ban radial baru:

$$\alpha_{rb} = 0,3 \cdot \frac{C_{rp}}{C_{rs}} \cdot \frac{C_{rx}}{C_{ro}} [0,087935(F_y \alpha)^{0,79008} - 0,005277(F_z)] \quad (2.14)$$

dimana:

α_{rb} = Sudut slip yang terjadi pada setiap roda/ban (°)

$F_{y\alpha}$ = Gaya belok (lateral) yang terjadi pada setiap roda/ban (lb)

F_z = Gaya normal yang terjadi pada setiap roda/ban (lb)

C_{rp} = $33,5 + 5,30 (P) - 0,0916 (P)^2$

C_{rs} = $33,5 + 5,30 (P_s) - 0,0916 (P_s)^2$

P = tekanan ban (Psi)

P_s = tekanan standar 25 psi

$$C_{rx} = \left[\frac{F_y \alpha + 0,107927(F_x)}{161,1398} \right]^{\frac{1}{0,474998}} \quad (2.15)$$

$$C_{ro} = \left[\frac{F_y \alpha}{161,1398} \right]^{\frac{1}{0,474998}} \quad (2.16)$$

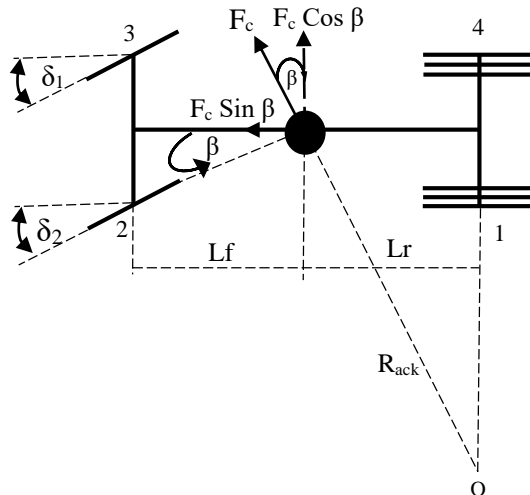
Jika :

- $\alpha_f > \alpha_r$, maka kendaraan akan mengalami *understeer*
- $\alpha_f < \alpha_r$, maka kendaraan akan mengalami *oversteer*
- $\alpha_f = \alpha_r$, maka kendaraan akan mengalami netral

2.8 Mengukur Perilaku Arah Kendaraan

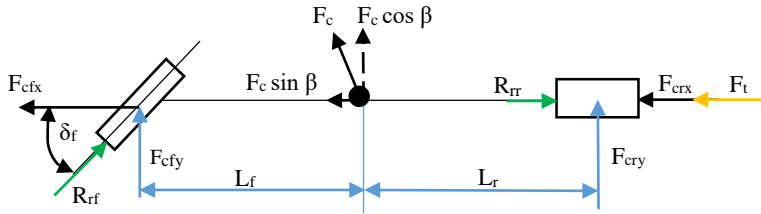
2.8.1 Analisa Slip untuk Kendaraan Belok pada Jalan Datar

Terdapat 2 macam gerakan ketika ban berputar, yaitu gerakan rotasi dan gerakan translasi. Jika ban mengalami gerakan rotasi saja, maka ban tersebut dikatakan *slip*. Ada beberapa penyebab ban mengalami *slip*, salah satunya adanya gaya samping yang menyebabkan deformasi lateral pada bidang kontak ban. Akibat dari gaya samping tersebut maka arah putaran ban akan bergeser sebesar α , hal ini dinamakan sebagai sudut *slip*.



Gambar 2. 16 *Free Body Diagram* Kendaraan Saat Belok *Full Model* [10]

Untuk menganalisa *slip* pada kendaraan berbelok dengan jalan datar diperlukan gaya reaksi masing-masing roda agar dapat mencari sudut *slip* pada roda sehingga dapat diketahui perilaku arah kendaraan saat belok pada jalan datar. Pada gambar 2.16 tampak *free body diagram* kendaraan saat belok dengan *full model* untuk mengetahui gaya sentrifugal pada kendaraan.



Gambar 2. 17 *Free Body Diagram* Kendaraan Saat Berbelok pada Bidang Datar [10]

Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan kearah x saat berbelok yaitu:

$$F_{cfx} = \left(\frac{L_r}{L}\right) F_c \cdot \sin \beta \quad (2.17)$$

$$F_{crx} = \left(\frac{L_f}{L}\right) F_c \cdot \sin \beta \quad (2.18)$$

Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan kearah y saat berbelok yaitu:

$$F_{cfy} = \left(\frac{L_r}{L}\right) F_c \cdot \cos \beta \quad (2.19)$$

$$F_{cry} = \left(\frac{L_f}{L}\right) F_c \cdot \cos \beta \quad (2.20)$$

Dimana :

$$F_c = \frac{m v^2}{R} \quad (2.21)$$

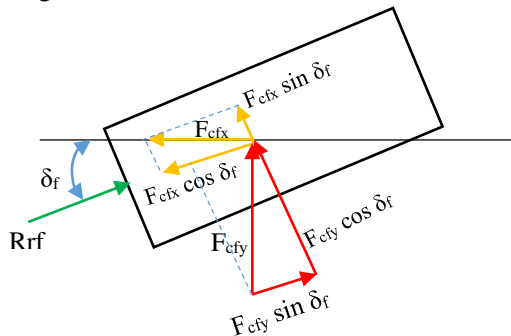
m = Massa kendaraan (Kg)

V = Kecepatan kendaraan belok (km/jam)

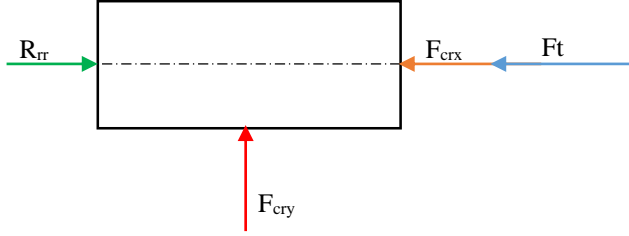
R = Radius belok (m)

- F_c = Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan (N)
 F_{cx} = Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan ke arah longitudinal (N)
 F_{cy} = Gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan ke arah lateral (N)
 F_{cfx} = Gaya sentrifugal ke arah longitudinal yang terjadi pada roda depan (N)
 F_{crx} = Gaya sentrifugal ke arah longitudinal yang terjadi pada roda belakang (N)
 F_{cfy} = Gaya sentrifugal ke arah lateral yang terjadi pada roda depan (N)
 F_{cry} = Gaya sentrifugal ke arah lateral yang terjadi pada roda belakang (N)
 R_r = Gaya hambat *rolling* yang terjadi pada ban kendaraan (N)

Selanjutnya adalah melakukan analisa gaya longitudinal (F_x) dan lateral (F_y) yang terjadi pada setiap roda. Persamaan tersebut didapat dengan menggambar *Free Body Diagram* dari gaya-gaya yang terjadi pada roda bagian depan dan belakang dapat dilihat pada gambar 2.18 dan 2.19.



Gambar 2. 18 Gaya-Gaya yang Terjadi Pada Roda Depan Kendaraan [8]



Gambar 2. 19 Gaya-Gaya yang Terjadi pada Roda Belakang Kendaraan [8]

Gaya longitudinal (F_x) yang terjadi pada setiap ban adalah sebagai berikut:

$$F_{x1} = \frac{1}{2} [F_t + F_{crx} - R_{rr}] = \frac{1}{2} \left[F_t + \frac{L_f}{L} (F_c \sin \beta) - R_{rr} \right] \quad (2.22)$$

$$F_{x2} = \frac{1}{2} [F_{cfy} \cdot \sin \delta_f - F_{cfx} \cos \delta_f + R_{rf}]$$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{L_r}{L} F_c \cos \beta \sin \delta_f - \frac{L_r}{L} F_c \sin \beta \cos \delta_f + R_{rf} \right] \quad (2.23)$$

$$F_{x3} = \frac{1}{2} [F_{cfy} \cdot \sin \delta_f - F_{cfx} \cos \delta_f + R_{rf}]$$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{L_r}{L} F_c \cos \beta \sin \delta_f - \frac{L_r}{L} F_c \sin \beta \cos \delta_f + R_{rf} \right] \quad (2.24)$$

$$F_{x4} = \frac{1}{2} [F_t + F_{crx} - R_{rr}] = \frac{1}{2} \left[F_t + \frac{L_f}{L} (F_c \sin \beta) - R_{rr} \right] \quad (2.25)$$

Gaya lateral (F_y) yang terjadi pada setiap ban adalah sebagai berikut:

$$F_{y1} = \frac{F_{cry}}{6} = \frac{L_f}{6L} F_c \cos \beta \quad (2.26)$$

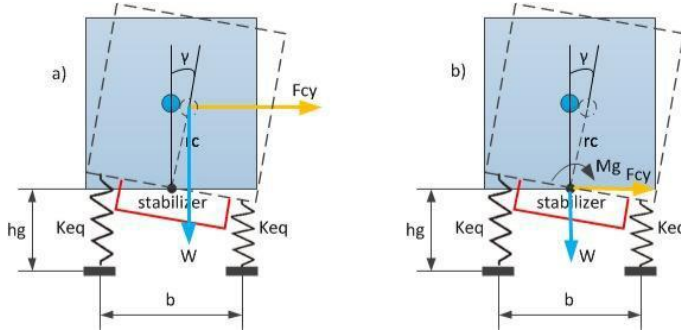
$$F_{y2} = \frac{1}{2} [F_{cfy} \cdot \cos \delta_f + F_{cfx} \cdot \sin \delta_f] \quad (2.27)$$

$$F_{y3} = \frac{1}{2} [F_{cfy} \cdot \cos \delta_f + F_{cfx} \cdot \sin \delta_f] \quad (2.28)$$

$$F_{y4} = \frac{F_{cry}}{6} = \frac{L_f}{6L} F_c \cos \beta \quad (2.29)$$

Untuk menganalisa besarnya gaya vertikal (F_z) yang terjadi pada kendaraan saat berbelok perlu diperhatikan adanya pengaruh dari sistem suspensi dan kekakuan vertikal ban

kendaraan yang dapat menimbulkan momen guling (M_g) dan momen *pitching* (M_p). Secara sederhana sistem suspensi yang ada pada kendaraan pada umumnya dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2. 20 Analisa Gaya-Gaya yang Terjadi pada Model Sistem Suspensi Kendaraan [1]

$$K_{eq} = \frac{(K_s + R_s) \cdot K_{teq}}{(K_s + R_s) + K_{teq}} \quad (2.30)$$

$$K_{teq} = \left(\frac{t}{b}\right)^2 \cdot K_t \quad (2.31)$$

Berdasarkan gambar 2.22 a) dan b) diatas dapat diketahui bahwa:

$$M_g = F_{cy} \cdot r_c + W \cdot \gamma \cdot r_c \quad (2.32)$$

Adanya momen guling yang terjadi pada kendaraan menyebabkan timbulnya momen pada sistem suspensi sebagai hubungan aksi dan reaksi maka:

$$\begin{aligned} \bullet \quad M_{gf} &= K_{eqf} \cdot \frac{b_f^2}{2} \cdot \gamma_f \\ \frac{L_r}{L} (F_{cy} \cdot r_c + W \cdot \gamma_f \cdot r_c) &= K_{eqf} \cdot \frac{b_f^2}{2} \cdot \gamma_f \\ \gamma_f &= \frac{\frac{L_r}{L} \cdot F_{cy} \cdot r_c}{K_{eqf} \cdot \frac{b_f^2}{2} - \frac{L_r}{L} \cdot W \cdot r_c} \\ \bullet \quad M_{gr} &= K_{eqr} \cdot \frac{b_r^2}{2} \cdot \gamma_r \end{aligned} \quad (2.33)$$

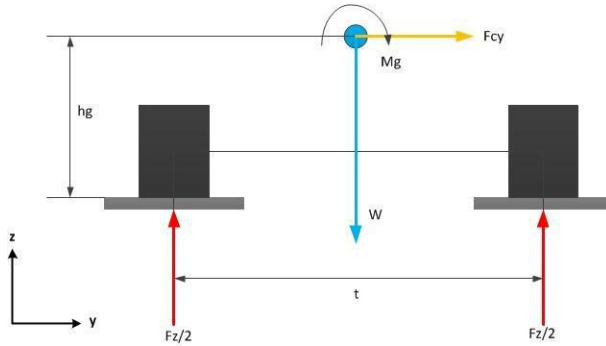
$$\frac{L_f}{L} (F_{cy} \cdot r_c + W \cdot \gamma \cdot r_c) = K_{eqr} \cdot \frac{b_r^2}{2} \cdot \gamma_r$$

$$\gamma_r = \frac{\frac{L_f}{L} \cdot F_{cy} \cdot r_c}{K_{eqr} \cdot \frac{b_r^2}{2} - \frac{L_f}{L} \cdot W \cdot r_c} \quad (2.34)$$

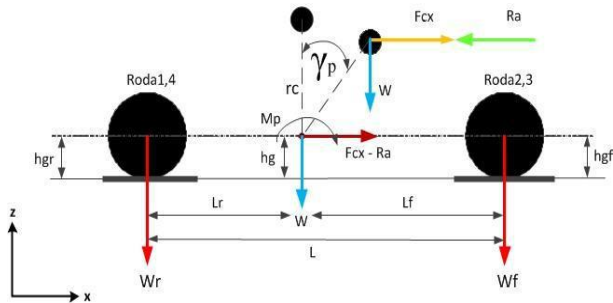
Dimana :

- K_s = Kekakuan pegas suspensi
 K_t = Kekakuan ban
 K_{teq} = Kekakuan ban ekuivalen setelah dilakukan pergeseran titik kerja gaya
 b = Jarak antar pegas suspensi kanan dan kiri (m)
 t = Jarak antar sumbu roda depan atau belakang (m)
 M_{gf} = Momen guling yang terjadi pada roda depan kendaraan (N.m)
 M_{gr} = Momen guling yang terjadi pada roda belakang kendaraan (N.m)
 h_{gf} = Jarak pusat guling kendaraan bagian depan dengan permukaan jalan (m)
 h_{gr} = Jarak pusat guling kendaraan bagian belakang dengan permukaan jalan (m)
 r_c = Jarak pusat massa kendaraan terhadap sumbu gulingnya (m)
 R_{sf} = *Spring rate stabilizer* depan (N/m)
 R_{sr} = *Spring rate stabilizer* belakang (N/m)
 γ = Sudut guling (*rolling*) kendaraan (Radian)
 γ_f = Sudut guling (*rolling*) kendaraan pada bagian depan (Radian)
 γ_r = Sudut guling (*rolling*) kendaraan pada bagian belakang (Radian)

Setelah itu melakukan analisa gaya vertikal (F_z) yang terjadi pada setiap roda seperti yang tampak pada gambar 2.21 dan 2.22 sehingga mendapatkan persamaan sebagai berikut:



Gambar 2. 21 *Lateral Transfer Load* yang Dilakukan pada Kendaraan [1]



Gambar 2. 22 *Logitudinal Transfer Load* yang Dilakukan pada Kendaraan [1]

Berdasarkan gambar 2.22, dapat diketahui besarnya momen anguk (*pitching*) yang terjadi pada kendaraan yaitu:

$$M_p = (F_{cx} - R_a) \cdot r_c + W \cdot \gamma_p \cdot r_c \quad (2.35)$$

Besarnya momen anguk yang terjadi pada kendaraan harus mampu ditahan oleh momen yang diberikan oleh sistem suspensi, sehingga sudut anguk yang terjadi sebagai berikut:

$$\gamma_p = \frac{(F_{cx} - R_a) \cdot r_c}{2.K_{eqf}.L_f^2 + 2.K_{eqr}.L_r^2 - W \cdot r_c} \quad (2.36)$$

Berdasarkan gambar 2.21 dan 2.22 besarnya gaya vertikal yang terjadi pada setiap ban kendaraan adalah sebagai berikut:

$$F_{z1} = \frac{L_f}{2L} W - \frac{L_f}{L} \frac{F_{cry} \cdot h_{gr}}{t_r} - \frac{L_f}{L} \frac{M_{gr}}{t_r} - \frac{(F_{cx} - R_a) \cdot h_{gr} + M_p}{2L} \quad (2.37)$$

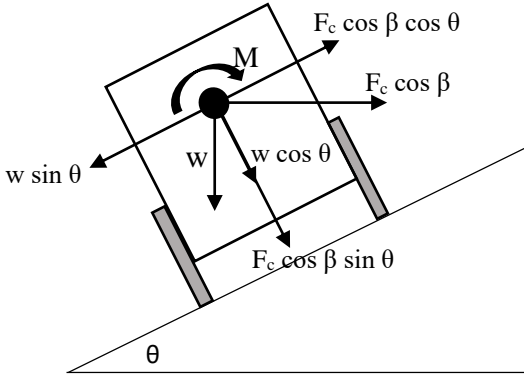
$$F_{z2} = \frac{L_r}{2L} W - \frac{L_r}{L} \frac{F_{cry} \cdot h_{gf}}{t_f} - \frac{L_r}{L} \frac{M_{gf}}{t_f} + \frac{(F_{cx} - R_a) \cdot h_{gf} + M_p}{2L} \quad (2.38)$$

$$F_{z3} = \frac{L_r}{2L} W + \frac{L_r}{L} \frac{F_{cry} \cdot h_{gf}}{t_f} + \frac{L_r}{L} \frac{M_{gf}}{t_f} + \frac{(F_{cx} - R_a) \cdot h_{gf} + M_p}{2L} \quad (2.39)$$

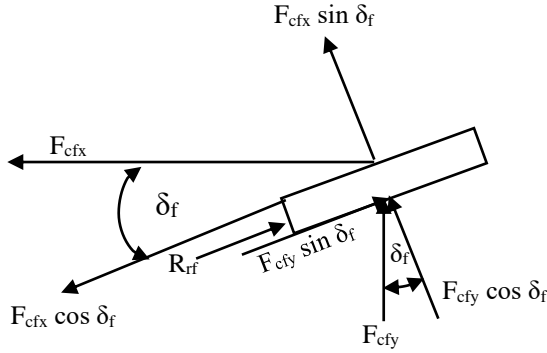
$$F_{z4} = \frac{L_f}{2L} W + \frac{L_f}{L} \frac{F_{cry} \cdot h_{gr}}{t_r} + \frac{L_f}{L} \frac{M_{gr}}{t_r} - \frac{(F_{cx} - R_a) \cdot h_{gr} + M_p}{2L} \quad (2.40)$$

2.8.2 Analisa Slip untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring

Untuk mengetahui gaya sentrifugal (F_c), gaya longitudinal (F_x) dan gaya lateral (F_y) yang terjadi pada kendaraan belok dengan kondisi jalan miring, maka dapat dilihat pada gambar 2.23 dan 2.24 yang menjelaskan *free body diagram* dari kendaraan belok pada jalan miring.



Gambar 2. 23 *Free Body Diagram* untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring [10]



Gambar 2. 24 *Free Body Diagram* Roda Depan Saat Belok pada Jalan Miring [10]

Dari gambar 2.23 dan 2.24, maka didapatkan persamaan gaya sentrifugal kearah sumbu x dan sumbu y pada roda depan dan roda belakang.

Persamaan gaya sentrifugal pada roda depan:

$$F_{cfx} = \frac{L_r}{L} F_c \sin \beta \quad (2.41)$$

$$F_{cfy} = \frac{L_r}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta) \quad (2.42)$$

Persamaan gaya sentrifugal pada roda belakang:

$$F_{crx} = \frac{L_f}{L} F_c \sin \beta \quad (2.43)$$

$$F_{cry} = \frac{L_f}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta) \quad (2.44)$$

Selanjutnya yaitu melakukan analisa gaya longitudinal (F_x) dan lateral (F_y) yang terjadi pada setiap roda. *Free Body Diagram* dari gaya-gaya yang terjadi pada roda bagian depan dan belakang dapat dilihat pada gambar 2.24. Dari gambar 2.24, maka dapat diperoleh rumus persamaan F_x dan F_y pada roda depan sebagai berikut:

$$F_{x2} = \frac{1}{2} [(F_{cfy} \cdot \sin \delta_f - F_{cfx} \cdot \cos \delta_f) + R_{rf}] \quad (2.45)$$

$$F_{y2} = \frac{1}{2} [F_{cfy} \cdot \cos \delta_f + F_{cfx} \cdot \sin \delta_f] \quad (2.46)$$

$$F_{x3} = \frac{1}{2} [(F_{cfy} \cdot \sin \delta_f - F_{cfx} \cdot \cos \delta_f) + R_{rf}] \quad (2.47)$$

$$F_{y3} = \frac{1}{2} [F_{cfy} \cdot \cos \delta_f + F_{cfx} \cdot \sin \delta_f] \quad (2.48)$$

Persamaan Fx dan Fy pada roda belakang sebagai berikut:

$$F_{x1} = \frac{1}{2} [Ft + F_{crx} - R_{rr}] \quad (2.49)$$

$$F_{y1} = \frac{F_{cry}}{6} = \frac{L_f}{6L} F_c \cos \beta \quad (2.50)$$

$$F_{x4} = \frac{1}{2} [Ft + F_{crx} - R_{rr}] \quad (2.51)$$

$$F_{y4} = \frac{F_{cry}}{6} = \frac{L_f}{6L} F_c \cos \beta \quad (2.52)$$

Setelah mencari gaya longitudinal (Fx) dan gaya lateral (Fy) pada masing-masing ban, perlu untuk mengetahui gaya vertikal (Fz) yang terjadi pada kendaraan saat belok. Ketika kendaraan berbelok maka akan menimbulkan gaya sentrifugal yang terjadi.

$$F_{z2} = \frac{L_r}{2L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) - \frac{\frac{L_r}{L} (h_{gf} \cdot F_c \cos \beta \cdot \cos \theta - h_{gf} \cdot W \sin \theta + M_{gf})}{t_f} + \frac{h_{gf} \cdot F_c \sin \beta - R_a \cdot h_{gf} + M_p}{2L} \quad (2.53)$$

$$F_{z3} = \frac{L_r}{2L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) + \frac{\frac{L_r}{L} (h_{gf} \cdot F_c \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta - h_{gf} \cdot W \sin \theta + M_{gf})}{t_f} + \frac{h_{gf} \cdot F_c \sin \beta - R_a \cdot h_{gf} + M_p}{2L} \quad (2.54)$$

Dari gambar 2.25 dan 2.26 maka dapat diperoleh persamaan Fz pada roda belakang, sebagai berikut:

$$F_{z1} = \frac{L_f}{2L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) -$$

$$\frac{\frac{L_f}{L} \left(\frac{h_{gr} \cdot F_c \cos \beta \cdot \cos \theta - h_{gr} \cdot W \sin \theta + M_{gr}}{t_r} \right) - \frac{h_{gr} \cdot F_c \sin \beta - R_a \cdot h_{gr} + M_p}{2L}}{2L} \quad (2.55)$$

$$F_{z4} = \frac{L_f}{2L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) + \frac{\frac{L_f}{L} \left(\frac{h_{gr} \cdot F_c \cos \beta \cdot \cos \theta - h_{gr} \cdot W \sin \theta + M_{gr}}{t_r} \right) - \frac{h_{gr} \cdot F_c \sin \beta - R_a \cdot h_{gr} + M_p}{2L}}{2L} \quad (2.56)$$

2.8.3 Analisa Skid Kendaraan pada Jalan Datar

Pada saat kendaraan berbelok akibat gaya kesamping pada roda depan dan roda belakang maka akan terjadi *skid* pada roda depan atau roda belakang ataupun kedua-duanya. Jika terjadi *skid* pada saat berbelok maka akan mengakibatkan kendaraan menjadi sulit untuk dikendalikan dan sering menjadi penyebab dari suatu kecelakaan lalu lintas. *Skid* pada roda depan tidak akan terjadi jika gaya kesamping pada roda depan lebih kecil atau sama dengan gaya gesek. Begitu juga pada roda belakang, *skid* tidak akan terjadi jika gaya geseknya masih mampu menahan gaya ke samping atau gaya lateral.

$$F_{cfy} = F_{zf} \cdot \mu \quad (2.57)$$

$$\left(\frac{L_r}{L} \right) (F_c \cdot \cos \beta) = \left[\frac{L_r}{L} W + \frac{h_{gf} \cdot F_c \sin \beta}{L} - \frac{R_a \cdot h_{gf}}{L} + \frac{M_p}{L} \right] \mu \quad (2.58)$$

$$F_{cry} = F_{zr} \cdot \mu \quad (2.59)$$

$$\left(\frac{L_f}{L} \right) (F_c \cdot \cos \beta) = \left[\frac{L_f}{L} W - \frac{h_{gr} \cdot F_c \sin \beta}{L} + \frac{R_a \cdot h_{gr}}{L} - \frac{M_p}{L} \right] \mu \quad (2.60)$$

Dengan mengoperasikan ruas kanan dan kiri secara matematis maka akan didapatkan rumus untuk mengetahui batas kecepatan maksimum *skid* roda depan (V_{sf}) dan *skid* roda belakang (V_{sr}) seperti berikut:

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot L_r (W) - R_a \cdot h_{gf} \cdot \mu + M_p \cdot \mu}{L_r \cos \beta - \mu \cdot h_{gf} \sin \beta}} \quad (2.61)$$

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot L_f (W) + R_a \cdot h_{gr} \cdot \mu - M_p \cdot \mu}{L_f \cos \beta + \mu \cdot h_{gr} \sin \beta}} \quad (2.62)$$

Dimana :

- μ = Koefisien gesek antara ban dengan permukaan jalan
- V_{sf} = Kecepatan maksimum kendaraan sebelum mengalami *skid* depan (m/s)
- V_{sr} = Kecepatan maksimum kendaraan sebelum mengalami *skid* belakang (m/s)

2.8.4 Analisa Skid Kendaraan pada Jalan Miring

- Analisa Skid untuk Roda Depan

Analisa *skid* untuk kendaraan belok pada jalan miring dapat dihitung dan diketahui persamaan matematisnya melalui *free body diagram* pada gambar 2.25. Berdasarkan *free body diagram* pada gambar 2.25, besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak *skid* untuk kendaraan belok pada jalan miring dirumuskan berdasarkan komponen gaya sentrifugal dan gaya normal dari kendaraan.

- a. Komponen Gaya Sentrifugal

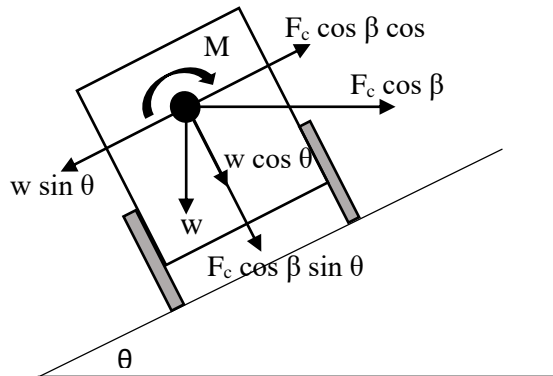
$$F_{cf} = \frac{L_r}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta) \quad (2.63)$$

- b. Komponen Gaya Normal

$$F_{zf} = \frac{L_r}{L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) + \frac{h \cdot F_c \sin \beta - R_a \cdot h_{gf} + M_p}{L} \quad (2.64)$$

Kondisi kritis dimana roda depan akan mulai terjadi *skid* apabila:

$$F_{cf} = \mu \cdot F_{zf} \quad (2.65)$$



Gambar 2. 25 *Free Body Diagram* untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring [10]

Sehingga besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak *skid* dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R.g}{w} \left[\frac{(\mu.L_r.W \cos \theta) - (\mu.R_a.h_{gf}) + (\mu.M_p) + (L_r.W \sin \theta)}{(L_r.\cos \beta.\cos \theta) - (\mu.L_r.\cos \beta.\sin \theta) - (h_{gf}.\mu \sin \beta)} \right]} \quad (2.66)$$

Dimana :

- V_{sf} = Kecepatan maksimum roda depan (m/s)
- R = Radius belok jalan (m)
- g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
- μ = Koefisien gesek
- θ = Sudut kemiringan melintang ($^\circ$)
- β = Sudut *side slip* ($^\circ$)
- W = berat total kendaraan (N)

- **Analisa Skid untuk Roda Belakang**

Besarnya kecepatan maksimum pada roda belakang agar kendaraan tidak *skid* dapat diketahui dengan cara yang sama untuk

roda depan yaitu berdasarkan komponen gaya sentrifugal dan gaya normal dari kendaraan.

a. Komponen Gaya Sentrifugal

$$F_{cr} = \left[\frac{L_f}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta) \right] \quad (2.67)$$

b. Komponen Gaya Normal

$$F_{Zr} = \left[\frac{L_f}{L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) - \frac{h_{gr} \cdot F_c \sin \beta - R_a \cdot h_{gr} + M_p}{L} \right] \quad (2.68)$$

Kondisi kritis dimana roda belakang akan mulai terjadi *skid* apabila:

$$F_{cr} = \mu \cdot F_{Zr} \quad (2.69)$$

Sehingga besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak *skid* dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{w} \left[\frac{(\mu \cdot L_f \cdot W \cos \theta) + (\mu \cdot R_a \cdot h_{gr}) - (\mu \cdot M_p) + (L_f W \sin \theta)}{(L_f \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta) - (\mu \cdot L_f \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta) + (h_{gr} \cdot \mu \sin \beta)} \right]} \quad (2.70)$$

Secara umum :

Jika $V_{sf} > V_{sr}$, *skid* roda belakang akan terjadi sebelum *skid* roda depan dan kendaraan cenderung *oversteer*

Jika $V_{sf} < V_{sr}$, *skid* roda depan akan terjadi sebelum *skid* roda belakang dan kendaraan cenderung *understeer*

2.8.5 Analisa Guling Kendaraan pada Jalan Datar

Analisa guling bertujuan untuk mencari kondisi terjadinya salah satu roda depan atau belakang atau satu roda belakang dan depan terangkat. Terangkatnya salah satu atau kedua roda tersebut menunjukkan adanya kemungkinan kendaraan akan terguling. Jika satu roda depan terangkat maka kendaraan dikatakan mengalami kondisi *understeer*, untuk roda belakang yang terangkat maka kendaraan dikatakan mengalami kondisi *oversteer* dan kalau roda

depan dan belakang sudah ada yang terangkat maka kendaraan akan mengalami kondisi terguling total.

Besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan komponen gaya normal pada roda 2 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_{z2} = \frac{L_r}{2L} W - \frac{L_r F_{cry} \cdot h_{gf}}{L t_f} - \frac{L_r M_{gf}}{L t_f} + \frac{(F_{cx} - R_a) \cdot h_{gf}}{2L} + \frac{M_p}{2L} = 0 \quad (2.71)$$

Kondisi kritis roda depan akan mulai terjadi apabila : $F_{z2} = 0$.

Sehingga kecepatan maksimum agar roda depan tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R_g (L_r \cdot W \cdot t_f) - (2 \cdot L_r \cdot M_{gf}) - (R_a \cdot h_{gf} \cdot t_f) + (M_p \cdot t_f)}{W (2 \cdot L_r \cdot h_{gf} \cos \beta) - (h_{gf} \cdot t_f \cdot \sin \beta)}} \quad (2.72)$$

Untuk roda belakang, besarnya kecepatan maksimum agar roda belakang tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan komponen gaya normal pada roda 1 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{z1} = \frac{L_f}{2L} W - \frac{L_f F_{cry} \cdot h_{gr}}{2L t_r} - \frac{L_f M_{gr}}{2L t_r} - \frac{(F_{cx} - R_a) \cdot h_{gr}}{2L} - \frac{M_p}{2L} = 0 \quad (2.73)$$

Kondisi kritis roda belakang akan mulai terjadi apabila : $F_{z1} = 0$
Sehingga:

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R_g (L_f \cdot t_r \cdot W) - (2 \cdot L_f \cdot M_{gr}) + (R_a \cdot h_{gr} \cdot t_r) - (M_p \cdot t_r)}{W (2 \cdot L_f \cdot h_{gr} \cos \beta) + (h_{gr} \cdot t_r \cdot \sin \beta)}} \quad (2.74)$$

Dimana:

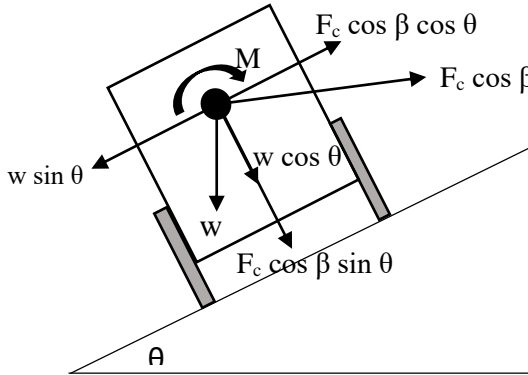
V_{gf} = Kecepatan maksimum kendaraan sebelum roda depan terguling (m/s)

V_{gr} = Kecepatan maksimum kendaraan sebelum roda belakang terguling (m/s)

2.8.6 Analisa Guling Kendaraan pada Jalan Miring

- Analisa Guling untuk Roda Depan

Analisa guling untuk kendaraan belok pada jalan miring dapat dihitung dan diketahui persamaan matematisnya melalui *free body diagram* pada gambar 2.26.



Gambar 2. 26 *Free Body Diagram* untuk Kendaraan Belok pada Jalan Miring [10]

Berdasarkan gambar 2.26, maka besarnya kecepatan maksimum agar roda depan tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan komponen gaya normal pada roda 2 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{z2} = \frac{L_r}{2L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) - \frac{L_r}{L} \left(\frac{h_{gf} \cdot F_c \cos \beta \cdot \cos \theta - h_{gf} \cdot W \sin \theta + M_{gf}}{t_f} \right) + \frac{h_{gf} \cdot F_c \sin \beta - R_a \cdot h_{gf} + M_p}{2L} \quad (2.75)$$

Kondisi kritis roda depan akan mulai terjadi apabila: $F_{z2} = 0$

Sehingga kecepatan maksimum agar roda depan tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R \cdot g \left[(L_r \cdot W \cos \theta \cdot t_f) + (2 \cdot L_r \cdot h_{gf} \cdot W \sin \theta) - (2 \cdot L_r \cdot M_{gf}) - (R_a \cdot h_{gf} \cdot t_f) + (M_p \cdot t_f) \right]}{(2 \cdot L_r \cdot h_{gf} \cos \beta \cos \theta) - (L_r \cdot \cos \beta \sin \theta \cdot t_f) - (h_{gf} \sin \beta \cdot t_f)}}} \quad (2.76)$$

Dimana :

V_{gf} = Kecepatan maksimum kendaraan yang diizinkan agar roda depan tidak terguling (m/s)

R = Radius belok jalan (m)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

θ = Sudut kemiringan melintang (°)

β = Sudut *side slip* (°)

t_f = Lebar *track* depan (m)

W = berat total kendaraan (N)

- Analisa Guling untuk Roda Belakang

Berdasarkan gambar 2.26 maka besarnya kecepatan maksimum agar roda belakang tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan komponen gaya normal pada roda 1 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{z1} = \frac{L_f}{2L} (W \cos \theta + F_c \cos \beta \sin \theta) - \frac{L_f}{L} \left(\frac{h_{gr} \cdot F_c \cos \beta \cdot \cos \theta - h_{gr} \cdot W \sin \theta + M_{gr}}{t_r} \right) - \frac{h_{gr} \cdot F_c \cdot \sin \beta - R_a \cdot h_{gr} + M_p}{2L} \quad (2.77)$$

Kondisi kritis roda depan akan mulai terjadi apabila: $F_{z1} = 0$

Sehingga kecepatan maksimum agar roda belakang tidak mengalami guling dapat diketahui berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R \cdot g \left[(L_f \cdot W \cos \theta \cdot t_r) + (2 \cdot L_f \cdot h_{gr} \cdot W \sin \theta) - (2 \cdot L_f \cdot M_{gr}) + (R_a \cdot h_{gr} \cdot t_r) - (M_p \cdot t_r) \right]}{(2 \cdot L_f \cdot h_{gr} \cos \beta \cos \theta \cdot t_r) + (L_f \cdot \cos \beta \sin \theta \cdot t_r) + (h_{gr} \sin \beta \cdot t_r)}}} \quad (2.78)$$

Dimana :

t_r = Lebar *track* belakang (m)

Secara umum :

Jika $V_{gf} > V_{gr}$, satu roda belakang terangkat sebelum satu roda depan terangkat dan kendaraan cenderung *oversteer*.

Jika $V_{gf} < V_{gr}$, satu roda depan terangkat sebelum satu roda belakang terangkat dan kendaraan cenderung *understeer*.

2.8.7 Analisa Understeer (K_{us})

Understeer indek (K_{us}) yaitu besaran yang dapat mengidentifikasi perilaku arah dari kendaraan belok. Persamaan *understeer* indeks (K_{us}) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K_{us} = (\alpha_f^\circ - \alpha_r^\circ) \cdot \frac{R \cdot g}{V^2} \quad (2.79)$$

Dimana :

R = Radius belok nyata dari kendaraan

α_f° = Besar sudut slip depan

α_r° = Besar sudut slip belakang

K_{us} = Indek *Understeer*

V = Kecepatan kendaraan belok

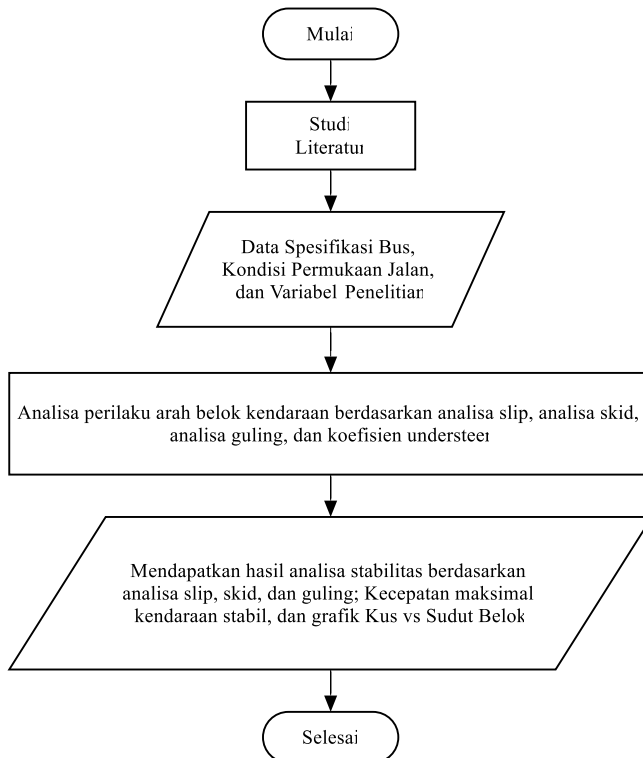
Dari persamaan-persamaan diatas didapatkan nilai K_{us} sebagai berikut, ketika:

- $K_{us} = 0$, maka kendaraan netral
- $K_{us} = +$, maka kendaraan *understeer*
- $K_{us} = -$, maka kendaraan *oversteer*

BAB III METODOLOGI

3.1 *Flowchart* Penelitian

Gambar 3.1 merupakan langkah-langkah penelitian yang ditampilkan dalam bentuk *flowchart*.



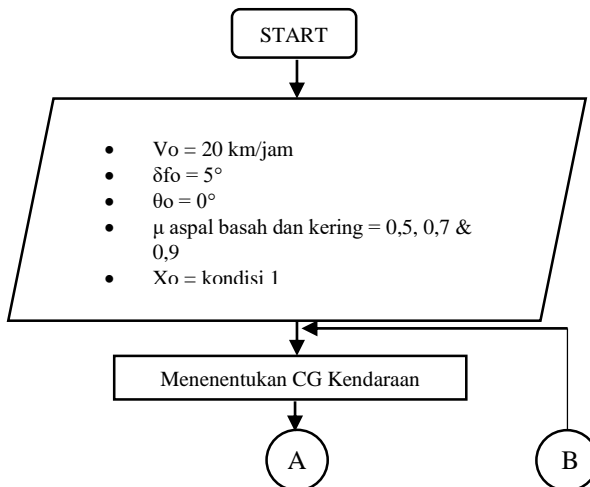
Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian

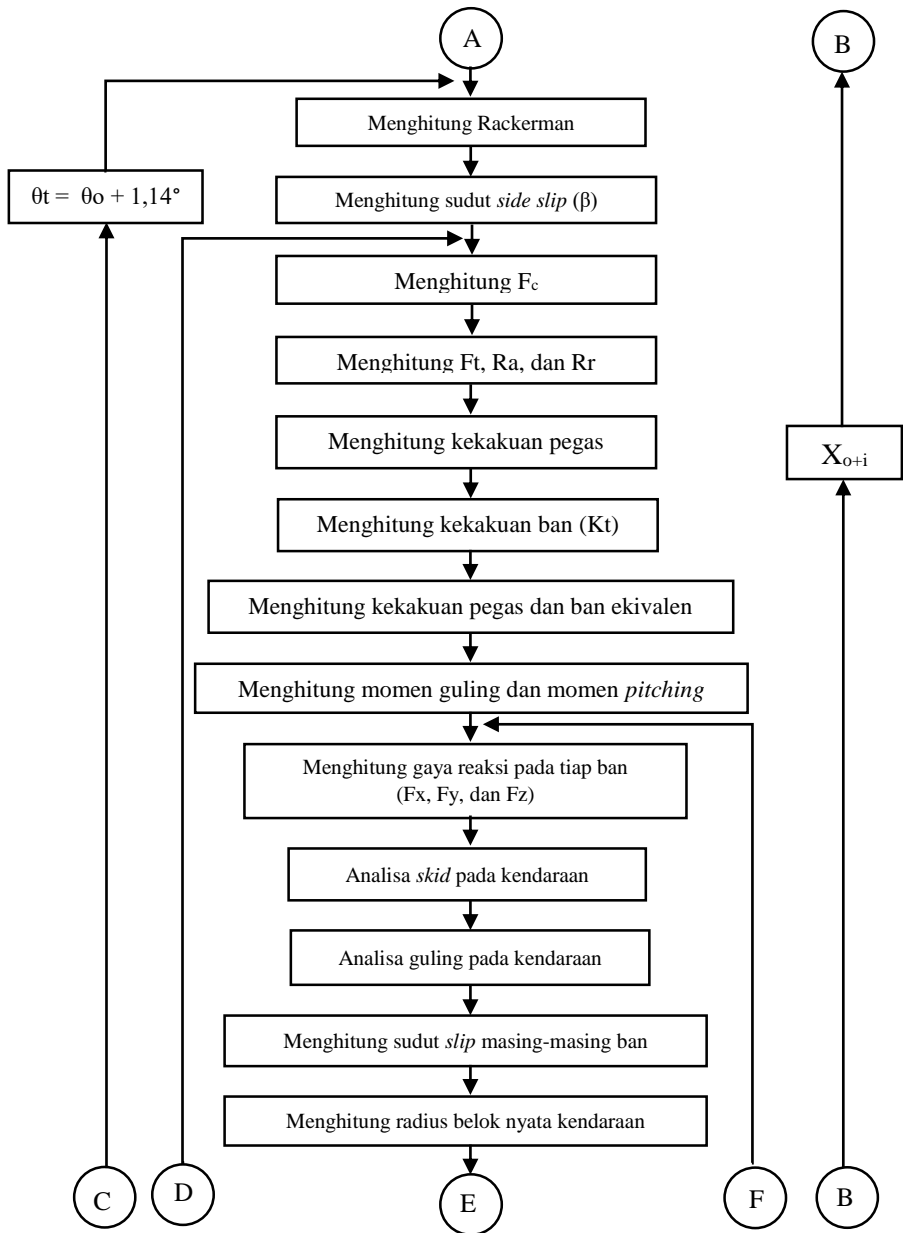
3.2 Prosedur Penelitian

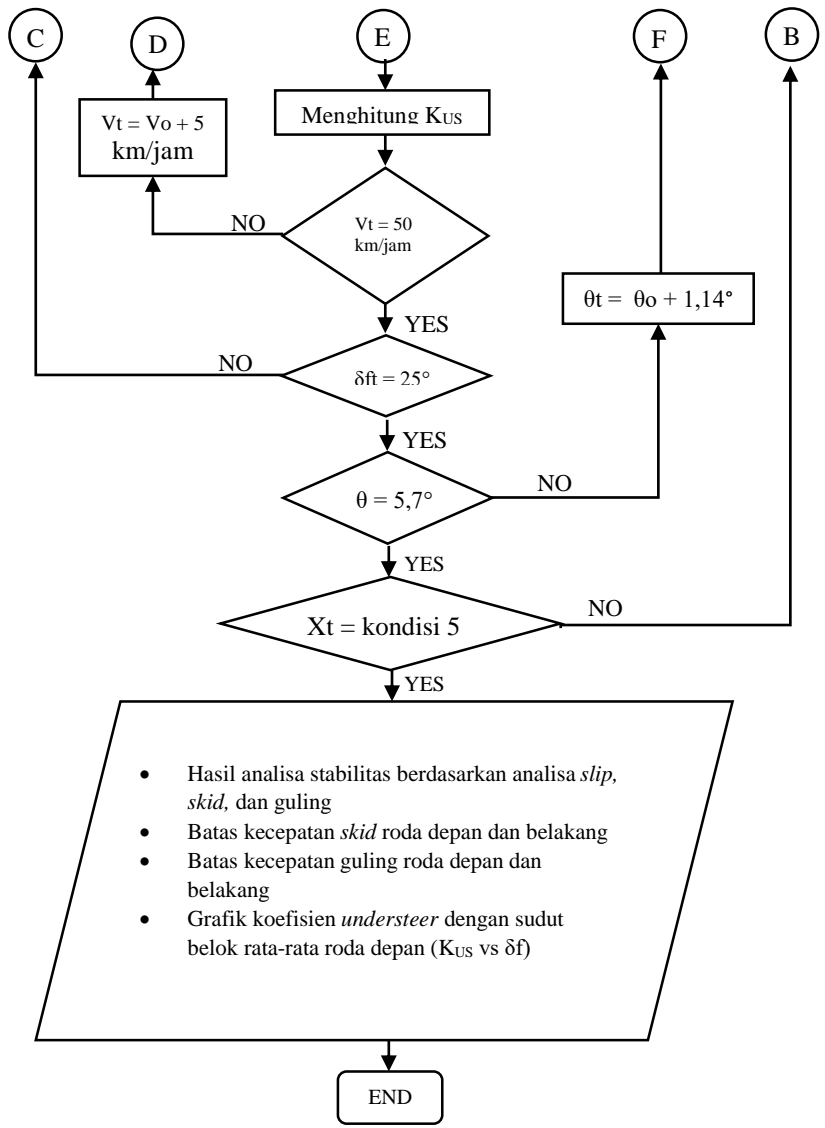
Pada proses pengerjaan tugas akhir ini, terdapat beberapa tahap yang akan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan sesuai dengan *flowchart* pada gambar 3.1 sebagai berikut:

1. Tahap pertama adalah melakukan studi literatur dari buku-buku, jurnal-jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu yang terkait dengan analisa kestabilan kendaraan.
2. Tahap kedua adalah menentukan objek kendaraan yang akan diteliti, pada tugas akhir ini kendaraan yang akan diteliti adalah bus *double deck*.
3. Tahap ketiga adalah melakukan analisa perilaku arah belok kendaraan tersebut berdasarkan analisa slip, analisa *skid*, analisa guling, dan nilai Kus kendaraan berdasarkan berapa variabel yang telah ditentukan sebelumnya.
4. Tahap keempat adalah mendapatkan data hasil penelitian seperti sudut slip pada setiap ban, kecepatan *skid*, kecepatan guling, dan grafik Kus vs sudut belok.
5. Tahap kelima adalah penarikan kesimpulan dari penelitian.

3.3 Flowchart Perhitungan







Gambar 3. 2 Flowchart Perhitungan

3.4 Prosedur Perhitungan

Berdasarkan gambar 3.2, langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam perhitungan stabilitas arah kendaraan bus *double deck* adalah sebagai berikut:

1. Mencari data-data tentang spesifikasi kendaraan bus *double deck* sebagai input.
2. Mengumpulkan data input lain yang akan divariasikan dalam perhitungan, seperti variasi kecepatan, sudut belok, kemiringan melintang jalan, dan kondisi permukaan jalan
 - Sudut belok (δ_f) yang divariasikan : 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30° , 35°
 - Sudut kemiringan jalan (θ) yang divariasikan : 0° , $2,29^\circ$, $3,43^\circ$, $4,57^\circ$, $5,7^\circ$
 - Kecepatan (V) yang divariasikan : 20 km/jam, 25 km/jam, 30 km/jam, 35 km/jam, 40 km/jam, 45 km/jam, 50 km/jam.
 - Koefisien adhesi jalan aspal basah dan kering (μ) : 0,5 , 0,7 dan 0,9
 - Analisa dilakukan dalam 5 variasi kondisi CG:

| Variasi CG | Penjelasan |
|------------|---|
| Kondisi 1 | Ekstrim penuh, penumpang penuh di kedua deck dan bagasi penuh |
| Kondisi 2 | Ekstrim atas, penumpang penuh di deck atas dan bagasi kosong |
| Kondisi 3 | Ekstrim kosong, tidak ada penumpang dan bagasi kosong |
| Kondisi 4 | Ekstrim depan, penumpang penuh di bagian depan kedua deck |
| Kondisi 5 | Ekstrim belakang, penumpang penuh di deck atas dan bagasi penuh |

3. Mencari letak *center of gravity* dengan *software solidworks*.
4. Mencari radius belok *ackerman* kendaraan dengan

$$R_{ackerman} = \frac{L_f + L_r}{\delta_f} 57,29$$

5. Mencari sudut side slip kendaraan dengan

$$\beta = \arcsin\left(\frac{L_r}{R_{ackerman}}\right)$$

6. Menghitung besarnya gaya sentrifugal (F_c)

$$F_c = \frac{m V^2}{R}$$

7. Menghitung besarnya gaya dorong, gaya hambat aerodinamika (drag), dan hambatan *rolling* yang terjadi pada kendaraan dengan persamaan:

$$F_t = R_a + R_r$$

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f$$

$$R_r = f_r \cdot W$$

8. Menghitung besarnya kekakuan masing-masing ban dengan persamaan :

$$K_t = 430 + 27,9167 (P)$$

9. Menghitung besarnya konstanta pegas dan ban *equivalen* dengan persamaan :

$$K_{eq} = \frac{(K_s + R_s) \cdot K_{teq}}{(K_s + R_s) + K_{teq}}$$

10. Menghitung besarnya momen guling (M_g) dan momen *pitching* (M_p) yang terjadi pada kendaraan.

11. Menghitung gaya reaksi yang diterima oleh tiap ban pada arah sumbu x,y, dan z pada jalan datar dan jalan miring.

12. Menghitung kecepatan maksimum kendaraan berdasarkan analisa *skid*

Kecepatan maksimum *skid* jalan datar:

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot L_r (W) - R_a \cdot h_{gf} \cdot \mu + M_p \cdot \mu}{L_r \cos \beta - \mu \cdot h_{gf} \sin \beta}}$$

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \frac{\mu \cdot L_f (W) + R_a \cdot h_{gr} \cdot \mu - M_p \cdot \mu}{L_f \cos \beta + \mu \cdot h_{gr} \sin \beta}}$$

Kecepatan maksimum *skid* jalan miring:

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{w} \frac{(\mu \cdot L_r \cdot W \cos \theta) - (\mu \cdot R_a \cdot h_{gf}) + (\mu \cdot M_p) + (L_r \cdot W \sin \theta)}{(L_r \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta) - (\mu \cdot L_r \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta) - (h_{gf} \cdot \mu \sin \beta)}}$$

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{w} \frac{(\mu \cdot L_f \cdot W \cos \theta) + (\mu \cdot R_a \cdot h_{gr}) - (\mu \cdot M_p) + (L_f \cdot W \sin \theta)}{(L_f \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta) - (\mu \cdot L_f \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta) + (h_{gr} \cdot \mu \sin \beta)}}$$

13. Menghitung kecepatan maksimum kendaraan berdasarkan analisa guling pada kondisi datar dan jalan miring.

Kecepatan maksimum guling jalan datar :

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R.g}{W} \frac{(L_r.W.t_f) - (2.L_r.M_{gf}) - (R_a.h_{gf}.t_f) + (M_p.t_f)}{(2.L_r.h_{gf} \cos \beta) - (h_{gf}.t_f \sin \beta)}}$$

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R.g}{W} \frac{(L_f.t_r.W) - (2.L_f.M_{gr}) + (R_a.h_{gr}.t_r) - (M_p.t_r)}{(2.L_f.h_{gr} \cos \beta) + (h_{gr}.t_r \sin \beta)}}$$

Kecepatan maksimum guling jalan miring:

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R.g}{W} \left[\frac{(L_r.W \cos \theta.t_f) + (2.L_r.h_{gf}.W \sin \theta) - (2.L_r.M_{gf}) - (R_a.h_{gf}.t_f) + (M_p.t_f)}{(2.L_r.h_{gf} \cos \beta \cos \theta) - (L_r \cos \beta \sin \theta.t_f) - (h_{gf} \sin \beta.t_f)} \right]}$$

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R.g}{W} \left[\frac{(L_f.W \cos \theta.t_r) + (2.L_f.h_{gr}.W \sin \theta) - (2.L_f.M_{gr}) + (R_a.h_{gr}.t_r) - (M_p.t_r)}{(2.L_f.h_{gr} \cos \beta \cos \theta) + (L_f \cos \beta \sin \theta.t_r) + (h_{gr} \sin \beta.t_r)} \right]}$$

14. Menghitung sudut slip tiap ban ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$), sudut slip roda depan α_f merupakan rata-rata dari kedua sudut slip pada ban roda depan sebelah kiri dan kanan $\frac{\alpha_2 + \alpha_3}{2}$. Begitu juga untuk menghitung sudut slip roda belakang $\frac{\alpha_1 + \alpha_4}{2}$.

15. Menghitung radius belok nyata

$$R_n = \frac{L_f + L_r}{\delta_f + \alpha_r - \alpha_f} 57,29$$

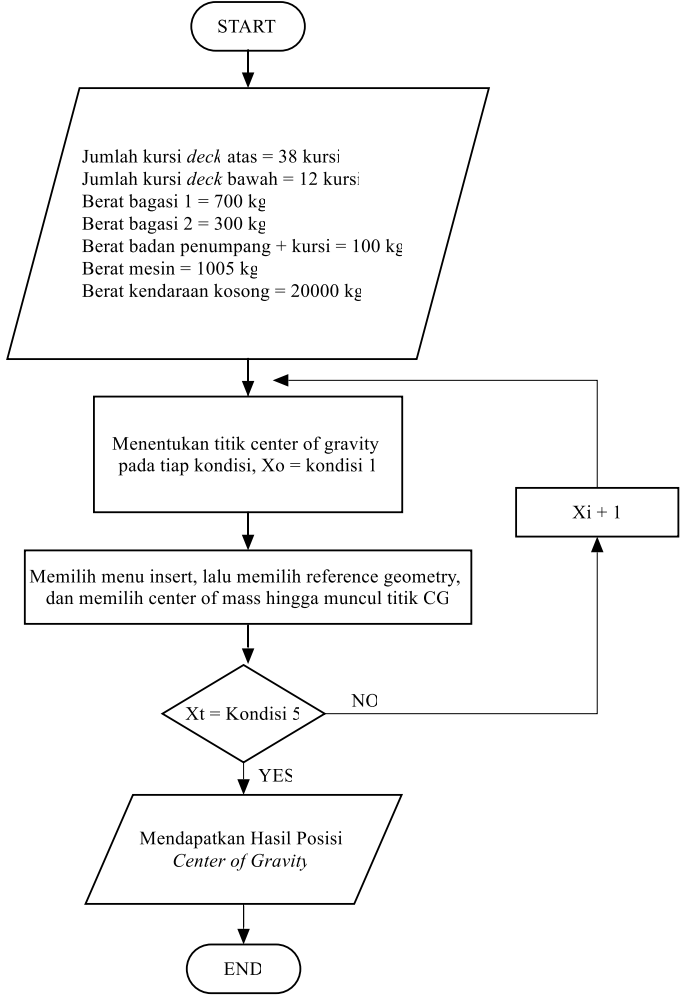
16. Menghitung besarnya *understeer indeks* (Kus)

$$K_{us} = (\alpha_f^\circ - \alpha_r^\circ) \cdot \frac{R.g}{V^2}$$

17. Analisa kondisi kendaraan apakah mengalami *understeer*, *oversteer*, atau netral.
18. Mendapatkan output dari analisa kestabilan arah bus *double deck* :

- Tabel perilaku arah kendaraan *understeer* atau *oversteer* dari analisa *slip*, analisa guling, analisa *skid*.
- Batas kecepatan maksimum *skid* roda depan maupun roda belakang kendaraan.
- Batas kecepatan maksimum guling roda depan maupun roda belakang kendaraan.
- Grafik antara nilai *understeer indeks* dengan sudut belok rata-rata depan.

3.5 Flowchart Menghitung CG dengan Solidworks



Gambar 3. 3 Flowchart Perhitungan CG dengan Solidworks

Berdasarkan gambar 3.3, maka langkah-langkah melakukan perhitungan CG dengan menggunakan *Solidworks* sebagai berikut:

1. Memasukkan input berupa berat penumpang dan kursi, berat muatan bagasi, berat mesin, dan berat kosong kendaraan
2. Menentukan titik *center of gravity* pada kelima kondisi
3. Memilih menu insert, memilih reference geometry, lalu memilih center of mass hingga muncul titik CG.
4. Mendapatkan hasil posisi *Center of Gravity*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data dan Spesifikasi Kendaraan

Dibawah ini merupakan data spesifikasi dari kendaraan bus *double deck* yang akan digunakan untuk perhitungan dan analisa perilaku arah belok dari kendaraan:

Tabel 4. 1 Spesifikasi Bus *Double Deck* [7]

| Dimensi | |
|--|--|
| Panjang keseluruhan | 13500 mm |
| Lebar keseluruhan | 2500 mm |
| Tinggi keseluruhan | 4150 mm |
| Jarak sumbu roda (L) | 7700 mm |
| Jarak pijak roda depan (tf) | 2088 mm |
| Jarak pijak roda belakang (tr) | 2119 mm |
| Jarak suspensi depan (bf) | 1776 mm |
| Jarak suspensi belakang (br) | 1276 mm |
| Massa Kendaraan | |
| Massa kendaraan pada kondisi 1 | 25500 kg |
| Massa kendaraan pada kondisi 2 | 23160 kg |
| Massa kendaraan pada kondisi 3 | 20500 kg |
| Massa kendaraan pada kondisi 4 | 22740 kg |
| Massa kendaraan pada kondisi 5 | 23260 kg |
| Suspensi | |
| Depan | Suspensi dengan 2 balon udara, 2 <i>Double Acting Shock Absorber, Stabilizer</i> |
| Belakang | Suspensi dengan 4 balon udara, 4 <i>Double Acting Shock Absorber, Stabilizer</i> |
| Kekakuan pegas suspensi depan (Kf) | 165,432 N/mm |
| Kekakuan pegas suspensi belakang (Kr) | 396,715 N/mm |
| Kekakuan <i>stabilizer bar</i> depan (Rsf) | 71000 N.m/rad |

| | |
|---|-----------------------|
| Kekakuan <i>stabilizer</i> bar belakang (Rsr) | 71000 N.m/rad |
| Aerodiamika | |
| Luas frontal kendaraan (Af) | 10,375 m ² |
| Massa jenis angin | 1,2 kg/m ³ |
| Koefisien drag (C _d) | 0,7 |
| Ban | |
| Tipe ban | 292/80 R 22,5 |
| Jenis ban | Radial |
| Diameter <i>rims</i> | 22,5 in |
| Lebar ban | 292 mm |

Setelah mencari data spesifikasi kendaraan pada tabel 4.1 kemudian mencari letak posisi titik berat dari bus untuk setiap kondisi. Pada keadaan ini tidak memungkinkan dilakukan penimbangan berat depan dan belakang bus, oleh karena itu dilakukan pendekatan menggunakan *software solidworks*. Dari pendekatan dengan bantuan *software* maka akan didapatkan hasil posisi titik berat kendaraan pada beberapa kondisi yang ditabelkan pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Letak Posisi Titik Berat Bus dengan Berbagai Kondisi

| Kondisi | Lf (m) | Lr(m) | h (m) |
|---------|--------|-------|-------|
| CG 1 | 5,313 | 2,387 | 2.293 |
| CG 2 | 5,191 | 2,509 | 2.372 |
| CG 3 | 5,362 | 2.338 | 2.289 |
| CG 4 | 4,983 | 2.717 | 2.295 |
| CG 5 | 5,684 | 3,016 | 2.288 |

Data mengenai beberapa variasi dalam menentukan stabilitas arah yang akan digunakan dalam perhitungan untuk mengetahui perilaku arah belok kendaraan adalah sebagai berikut :

- Variasi kecepatan saat belok : 20 km/jam, 25 km/jam, 30 km/jam, 35 km/jam, 40 km/jam, 45 km/jam dan 50 km/jam.

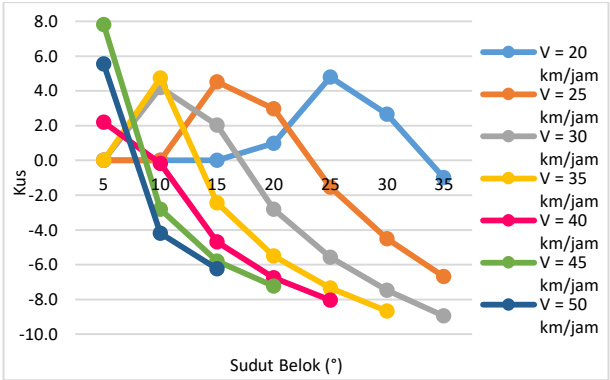
- Variasi sudut belok : 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30° , 35° .
- Variasi sudut kemiringan melintang jalan : 0° , 2.29° , 3.43° , 4.57° , dan 5.7° .
- Variasi koefisien gesek ban pada aspal kering adalah 0,9 dan pada aspal basah sebesar 0,7 dan 0,5.
- Variasi posisi CG (*Center of Gravity*) :

| Variasi CG | Penjelasan |
|------------|--|
| Kondisi 1 | Ekstrim penuh, penumpang penuh di kedua <i>deck</i> dan bagasi penuh |
| Kondisi 2 | Ekstrim atas, penumpang penuh di <i>deck</i> atas dan bagasi kosong |
| Kondisi 3 | Ekstrim kosong, tidak ada penumpang dan bagasi kosong |
| Kondisi 4 | Ekstrim depan, penumpang penuh di bagian depan kedua <i>deck</i> |
| Kondisi 5 | Ekstrim belakang, penumpang penuh di <i>deck</i> atas dan bagasi penuh |

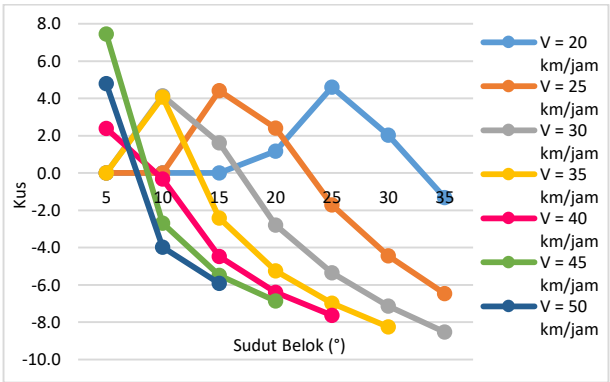
4.2 Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan

4.2.1. Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan dengan Beberapa Kondisi pada Jalan Datar

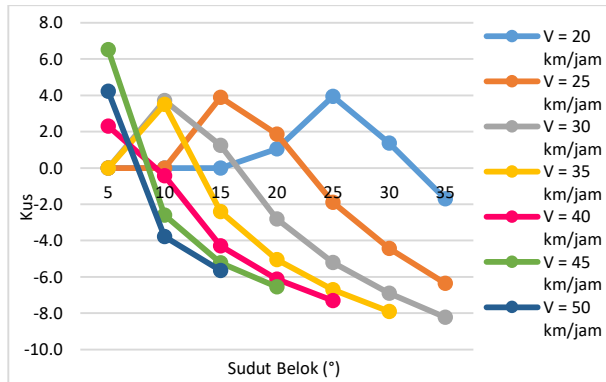
Setelah mendapatkan data massa kendaraan dan letak titik CG, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan perilaku arah kendaraan yang diteliti. Berikut ini merupakan grafik nilai koefisien *understeer* (K_{us}) dari bus *double deck* terhadap sudut belok (δ_f) kendaraan yang diberikan dengan berbagai variasi jumlah penumpang pada jalan datar. *Trendline* dari grafik nilai koefisien *understeer* ini berbeda-beda untuk setiap nilai kecepatan yang diberikan seperti tampak pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5.



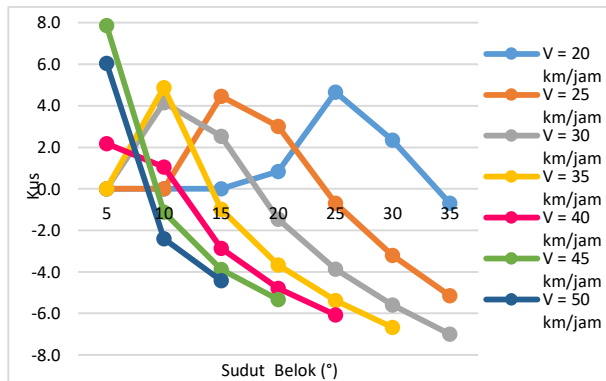
Gambar 4. 1 Grafik Koefisien *Understeer* (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 1 Jalan Datar



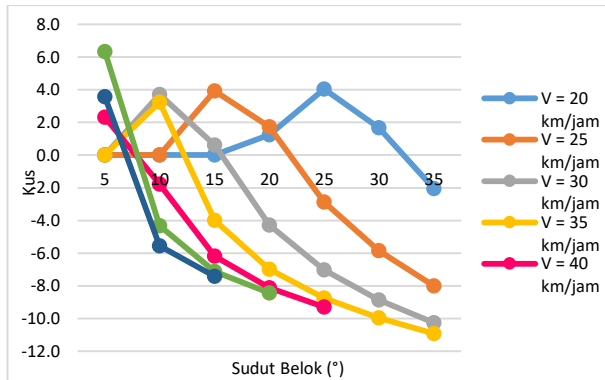
Gambar 4. 2 Grafik Koefisien *Understeer* (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 2 Jalan Datar



Gambar 4. 3 Grafik Koefisien *Understeer* (K_{us}) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 3 Jalan Datar



Gambar 4. 4 Grafik Koefisien *Understeer* (K_{us}) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 4 Jalan Datar



Gambar 4. 5 Grafik Koefisien *Understeer* (K_{US}) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 5 Jalan Datar

Gambar 4.1 hingga 4.5 grafik diatas merupakan grafik dari nilai K_{US} vs δ_f (sudut belok) pada 5 kondisi posisi CG dengan $\theta = 0$ atau jalan datar. Berdasarkan grafik-grafik diatas, hasil yang didapat menunjukkan bahwa nilai dari K_{US} untuk kondisi 1 hingga kondisi 5 akan mengalami perilaku arah netral, *understeer*, dan *oversteer* ketika berbelok. Kondisi *understeer* pada kenyataannya adalah kondisi dimana kendaraan menjadi sulit untuk dibelokkan. Sehingga apabila pengemudi ingin membelokkan kendaraan pada radius belok tertentu maka ia harus menambahkan sudut *steer* pada kendaraan tersebut. Kondisi *oversteer* merupakan kondisi belok kendaraan yang paling berbahaya dimana bagian belakang kendaraan terbuang keluar sehingga menjadikan kendaraan tersebut sangat sulit untuk dikendalikan. Tentunya kondisi *oversteer* ini sangat membahayakan bagi pengemudi dan para penumpang yang ada di dalam kendaraan.

Tabel 4. 3 Nilai Koefisien *Understeer* Berdasarkan Variasi Kondisi pada Jalan Datar

| Kondisi | KUS | |
|---------|---------|----------|
| CG 1 | + 7,807 | - 8,939 |
| CG 2 | + 7,453 | - 8,533 |
| CG 3 | + 6,526 | - 8,222 |
| CG 4 | + 7,869 | - 6,993 |
| CG 5 | + 6,338 | - 10,913 |

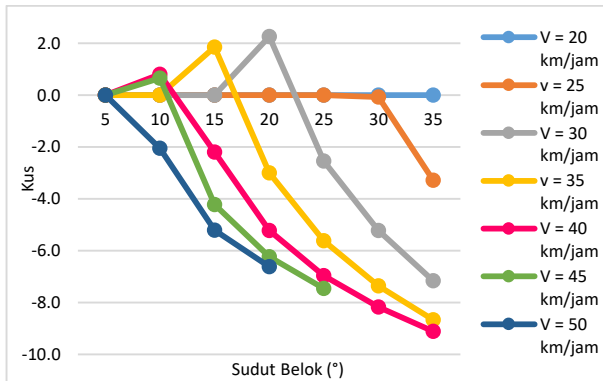
Hasil yang diperoleh dari perhitungan Kus yang hasilnya pada tabel 4.3 saat kondisi 1 nilai Kus terbesar adalah +7,807 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah -8,939. Pada kondisi 2, nilai Kus terbesar adalah +7,453 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah -8,533. Pada kondisi 3, nilai Kus terbesar adalah +6,526 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah -8,222. Pada kondisi 4, nilai Kus terbesar adalah +7,869 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah -6,993. Pada kondisi 5, nilai Kus terbesar adalah +6,338 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah -10,913. Nilai Kus terbesar ketika kendaraan melaju dengan kecepatan 45 km/jam dan sudut belok 5° sedangkan nilai terkecil Kus ketika kendaraan melaju dengan kecepatan 30 km/jam dan sudut belok 35°.

Berdasarkan hasil grafik dan tabel diatas, dapat diketahui bahwa kondisi belok dari bus *double deck* yang paling baik adalah pada kondisi 4 (kendaraan ekstrim depan). Pada kondisi 4 terlihat lebih sedikit mengalami *oversteer*. Oleh karena itu, dihimbau bagi para pengemudi untuk berhati-hati ketika mengendarai bus *double deck* dengan kondisi 1, 2, 3, dan 5 karena memiliki kondisi *oversteer* yang cukup banyak.

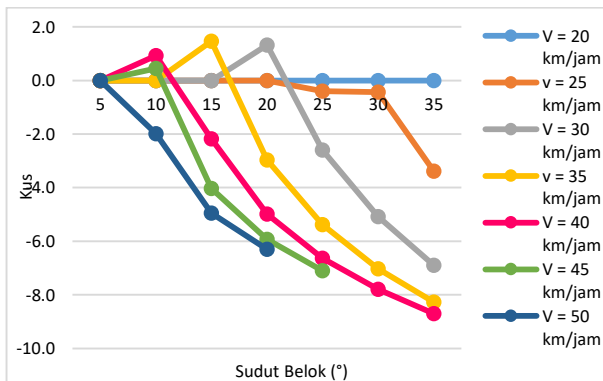
4.2.2. Analisa Perilaku Arah Belok Kendaraan dengan Beberapa Kondisi pada Kemiringan Melintang Jalan

Berikut ini merupakan grafik koefisien *understeer* (K_{US}) dari bus *double deck* dengan berbagai kondisi pada kemiringan melintang jalan aspal. Pada grafik dibawah ini menunjukkan

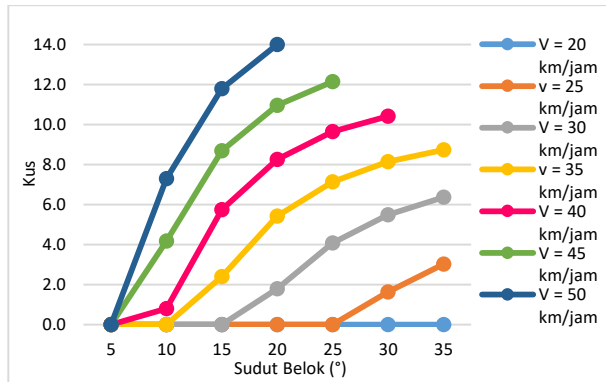
besarnya nilai koefisien *understeer* terhadap sudut belok kendaraan yang diberikan. Setiap kondisi akan mempunyai nilai Kus yang berbeda-beda dan dapat dilihat pada gambar 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, dan 4.10.



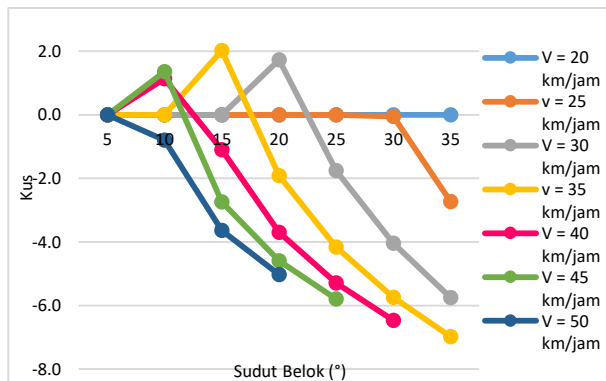
Gambar 4. 6 Grafik Koefisien *Understeer* (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 1 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7$



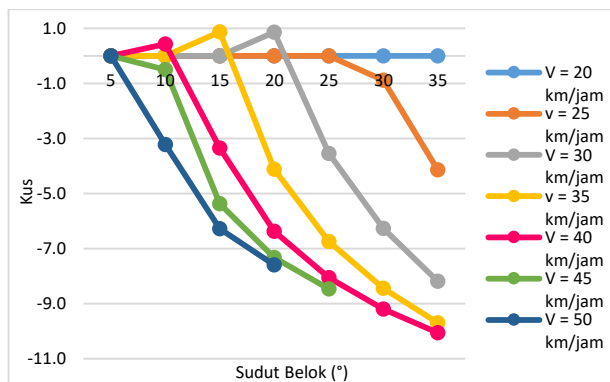
Gambar 4. 7 Grafik Koefisien *Understeer* (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 2 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7$



Gambar 4. 8 Grafik Koefisien *Understeer* (K_{us}) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 3 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7$



Gambar 4. 9 Grafik Koefisien *Understeer* (K_{us}) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 4 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7$



Gambar 4. 10 Grafik Koefisien *Understeer* (Kus) vs Sudut Belok Kendaraan pada Kondisi 5 dan Kemiringan Jalan $\theta = 5.7$

Gambar 4.6 hingga 4.10 grafik diatas merupakan grafik dari nilai K_{US} vs δf (sudut belok) pada 5 kondisi posisi CG dengan $\theta = 5.7$. Berdasarkan grafik-grafik diatas, hasil yang didapat menunjukkan bahwa nilai dari K_{US} untuk kondisi 1, 2, 4, dan 5 mengalami perilaku arah netral, *understeer*, dan *oversteer* ketika berbelok, sedangkan pada kondisi 3 kendaraan cenderung mengalami perilaku arah netral dan *understeer*. Nilai K_{us} terbesar dan terkecil dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4. 4 Nilai Koefisien *Understeer* Berdasarkan Variasi Kondisi pada Jalan Miring

| Kondisi | KUS | |
|---------|----------|----------|
| CG 1 | + 2,251 | - 9,102 |
| CG 2 | + 1,467 | - 8,695 |
| CG 3 | + 13,999 | 0 |
| CG 4 | + 1,727 | - 6,982 |
| CG 5 | + 0,871 | - 10,061 |

Hasil yang diperoleh dari perhitungan K_{us} pada tabel 4.4 saat kondisi 1 nilai K_{us} terbesar adalah +2,251 sedangkan nilai

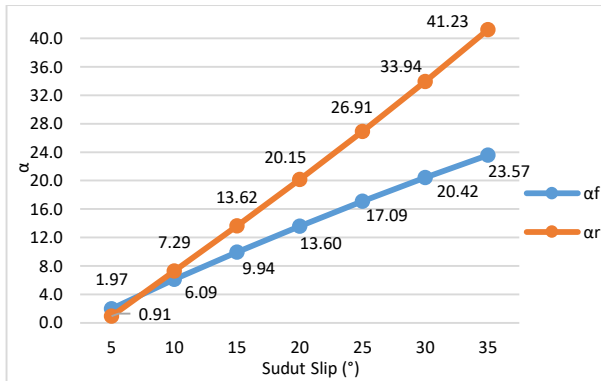
Kus yang paling kecil adalah -9,102. Pada kondisi 2, nilai Kus terbesar adalah +1,467 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah -8,695. Pada kondisi 3, nilai Kus terbesar adalah +13,999 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah 0. Pada kondisi 4 (ekstrim depan), nilai Kus terbesar adalah +1,727 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah -6,982. Pada kondisi 5, nilai Kus terbesar adalah +0,871 sedangkan nilai Kus yang paling kecil adalah -10,061. Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa kondisi belok dari bus *double deck* yang paling baik adalah pada kondisi 4 (ekstrim depan). Pada kondisi 4 (kendaraan ekstim depan) terlihat lebih sedikit mengalami *oversteer* dan mempunyai nilai positif yang kecil. Oleh karena itu, dihimbau bagi para pengemudi untuk berhati-hati ketika mengendarai bus *double deck* dengan kondisi 1, 2, dan 5 karena memiliki kondisi *oversteer* yang cukup banyak.

Berdasarkan hasil grafik diatas, dapat diketahui perbandingan grafik nilai Kus vs δf° (Sudut Belok) pada jalan datar dan kemiringan melintang jalan. Dengan membandingkan tabel 4.3 dan 4.4 dapat dilihat bahwa nilai Kus pada jalan datar lebih besar dibandingkan dengan nilai Kus kemiringan melintang jalan. Selain itu, hasil grafik diatas juga dapat diketahui bahwa jalan datar lebih mudah *skid* dibandingkan dengan jalan miring. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1 hingga 4.5 saat kendaraan melaju pada kecepatan 40 km/jam hanya mencapai sudut belok 25° . Sedangkan saat kendaraan melalui kemiringan melintang jalan 5.7° harga Kus pada kecepatan 40 km/jam bisa mencapai sudut belok antara $30^\circ - 35^\circ$. Kondisi *skid* ini terjadi karena gaya gesek pada ban tidak dapat menahan gaya lateral yang terjadi. Semakin tinggi kemiringan melintang jalan, maka gaya lateral semakin rendah sehingga meminimalisir terjadinya *skid* pada kendaraan.

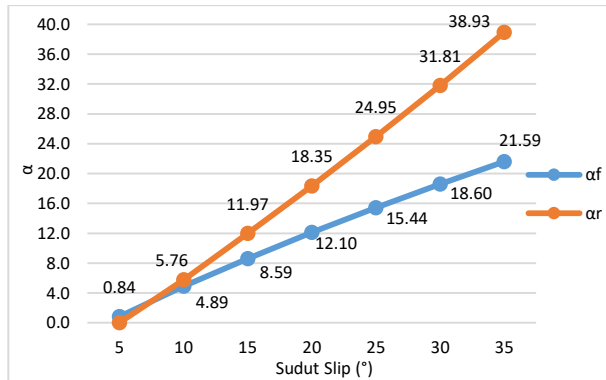
4.3 Analisa *Slip* Perilaku Arah Belok Kendaraan

4.3.1. Analisa Besarnya Sudut *Slip* yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Sudut Kemiringan Melintang Jalan

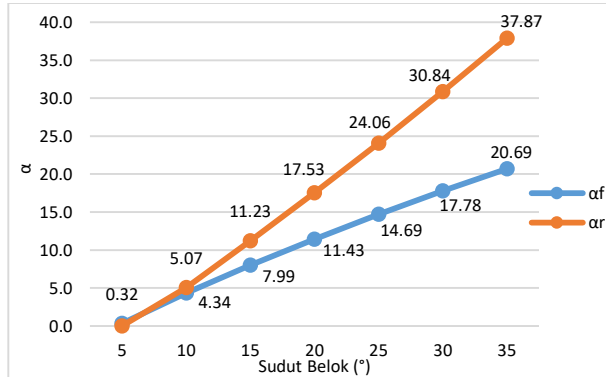
Analisa untuk mengetahui bagaimana pengaruh kemiringan melintang jalan terhadap sudut *slip* yang terjadi pada kendaraan. Dibawah ini merupakan gambar grafik yang menunjukkan besarnya sudut *slip* pada masing-masing ban ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$) didapatkan hasil rata-rata sudut *slip* pada ban depan (α_f) dan ban belakang (α_r) pada setiap kondisi yang ditampilkan pada gambar 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, dan 4.15.



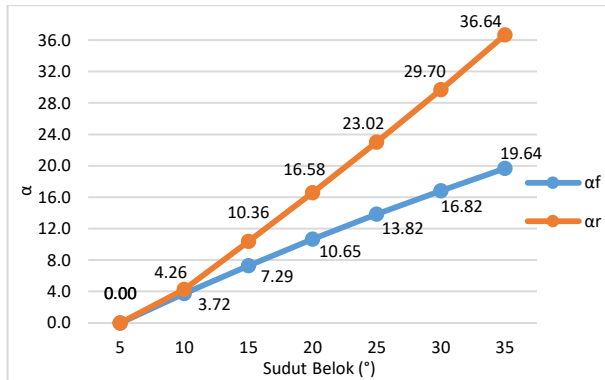
Gambar 4. 11 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 0^\circ$



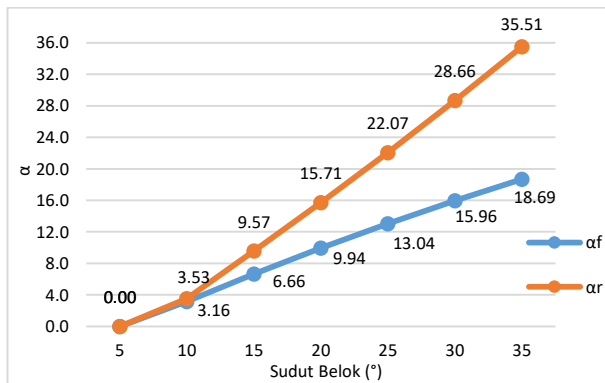
Gambar 4. 12 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 2.29^{\circ}$



Gambar 4. 13 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 3.34^{\circ}$



Gambar 4. 14 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 4.57^\circ$



Gambar 4. 15 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 saat Kecepatan 50 km/jam dengan kemiringan melintang jalan $\theta = 5.7^\circ$

Berdasarkan grafik 4.11 hingga 4.15 menunjukkan nilai antara sudut *slip* dengan sudut belok kendaraan pada variasi kemiringan melintang jalan saat kecepatan belok 50 km/jam. Pada jalan datar atau $\theta = 0^\circ$ terlihat bahwa nilai sudut *slip* terbesar adalah $23,57^\circ$ (roda depan) dan $41,23^\circ$ (roda belakang) sedangkan sudut *slip* terendah sebesar $1,97^\circ$ dan $0,91^\circ$. Pada kemiringan jalan sebesar $\theta = 2,29^\circ$ sudut *slip* roda depan terbesar adalah $21,59^\circ$ dan sudut *slip* roda belakang $38,93^\circ$ sedangkan sudut *slip* terendah adalah $0,84^\circ$ dan 0° . Pada kemiringan jalan sebesar $\theta = 2^\circ$ sudut *slip* roda depan terbesar adalah $20,69^\circ$ dan sudut *slip* roda belakang $37,87^\circ$ sedangkan sudut *slip* terendah adalah $0,32^\circ$ dan 0° . Pada kemiringan jalan sebesar $\theta = 4,57^\circ$ sudut *slip* roda depan terbesar adalah $19,64^\circ$ dan sudut *slip* roda belakang $36,64^\circ$ sedangkan sudut *slip* terendah adalah 0° , sedangkan pada kemiringan jalan sebesar $\theta = 5,7^\circ$ sudut *slip* roda depan terbesar adalah $18,69^\circ$ dan sudut *slip* roda belakang $35,51^\circ$ sedangkan sudut *slip* terendah adalah 0° .

Dapat dilihat bahwa *trendline* grafik diatas cenderung mengalami peningkatan seiring dengan semakin besar sudut belok yang diberikan, maka semakin besar juga sudut *slip* yang terjadi pada ban. Selain itu juga dapat dilihat sudut *slip* yang memiliki harga terbesar terjadi pada jalan datar. Sedangkan kemiringan jalan dengan sudut $5,7^\circ$ memiliki nilai sudut *slip* yang paling kecil. Sudut *slip* yang terjadi pada ban karena adanya gaya lateral. Semakin besar gaya lateral, maka kemungkinan ban terjadi *slip* juga semakin besar. Dengan persamaan gaya lateral ban depan (F_{cfy}) dan ban belakang (F_{cry}) :

$$F_{cfy} = \frac{L_r}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta)$$

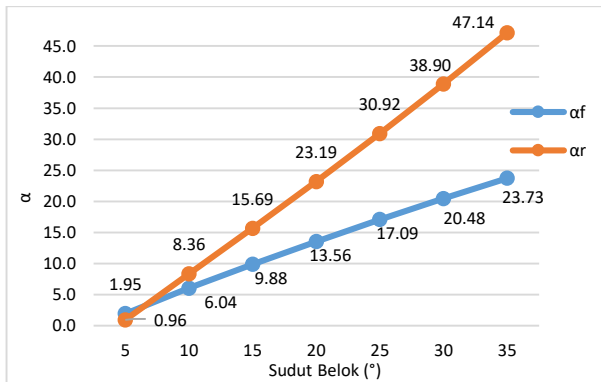
$$F_{cry} = \frac{L_f}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta)$$

Dapat dilihat dari persamaan diatas bahwa semakin besar sudut kemiringan melintang jalan yang diberikan maka semakin kecil gaya lateral yang terjadi pada ban depan dan belakang. Namun, dari

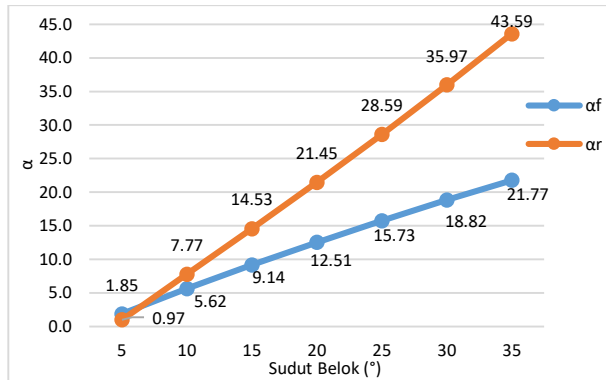
hasil perhitungan dihimbau bahwa pengemudi agar lebih berhati-hati ketika melaju pada kecepatan 50 km/jam dan saat menggunakan sudut belok sebesar 20° hingga 35° karena mempunyai sudut *slip* yang cukup besar di berbagai kemiringan melintang jalan dan diperkirakan mengalami *skid* saat sudut belok 20° hingga 35° untuk ban belakang.

4.3.2. Analisa Besarnya Sudut *Slip* yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Beberapa Kondisi

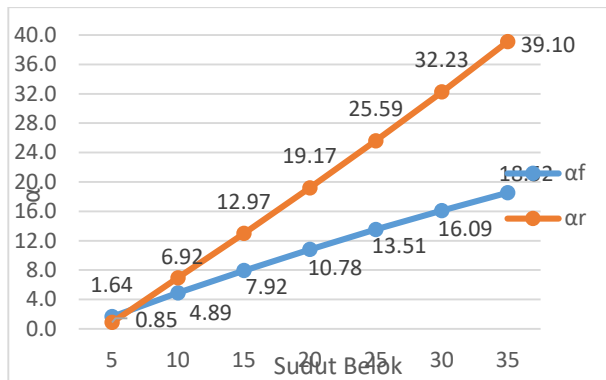
Berdasarkan hasil perhitungan untuk mengetahui besarnya sudut *slip* pada masing-masing ban ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$) dengan beberapa kondisi didapatkan hasil rata-rata sudut *slip* pada ban depan (α_f) dan ban belakang (α_r) pada setiap kondisi yang ditampilkan pada gambar 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, dan 4.20.



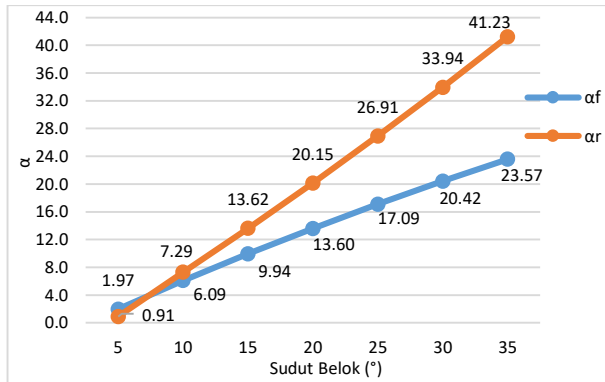
Gambar 4. 16 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan *Slip* Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^\circ$ pada Kondisi 1



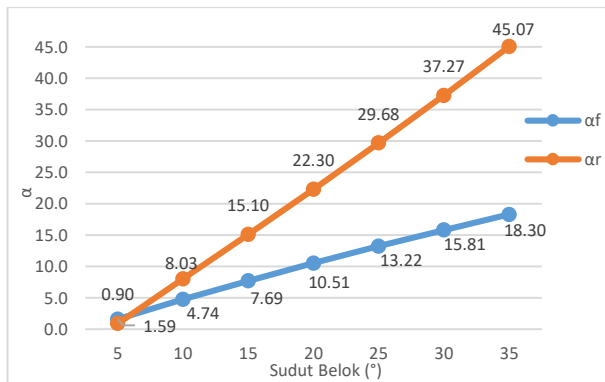
Gambar 4. 17 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan *Slip* Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^\circ$ pada Kondisi 2



Gambar 4. 18 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan *Slip* Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^\circ$ pada Kondisi 3



Gambar 4. 19 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan *Slip* Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^{\circ}$ pada Kondisi 4



Gambar 4. 20 Grafik Sudut *Slip* Roda Depan (α_f) dan *Slip* Roda Belakang (α_r) terhadap Sudut Belok (δ_f) Bus *Double Deck* saat Kecepatan 50 km/jam, $\theta = 0^{\circ}$ pada Kondisi 5

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya sudut belok yang diberikan maka sudut *slip* roda akan semakin besar. Pada jalan datar atau $\theta = 0^{\circ}$ saat kondisi 1 terlihat bahwa nilai sudut *slip* terbesar adalah $23,73^{\circ}$ (roda depan)

dan $47,14^\circ$ (roda belakang) sedangkan sudut *slip* terendah sebesar $1,95^\circ$ dan $0,96^\circ$, pada kondisi 2 terlihat bahwa nilai sudut *slip* terbesar adalah $21,77^\circ$ (roda depan) dan $43,59^\circ$ (roda belakang) sedangkan sudut *slip* terendah sebesar $1,85^\circ$ dan $0,97^\circ$, pada kondisi 3 terlihat bahwa nilai sudut *slip* terbesar adalah $18,52^\circ$ (roda depan) dan $39,10^\circ$ (roda belakang) sedangkan sudut *slip* terendah sebesar $1,64^\circ$ dan $0,85^\circ$, pada kondisi 4 terlihat bahwa nilai sudut *slip* terbesar adalah $23,57^\circ$ (roda depan) dan $41,23^\circ$ (roda belakang) serta sudut *slip* terendah sebesar $1,97^\circ$ dan $0,91^\circ$, sedangkan pada kondisi 5 terlihat bahwa nilai sudut *slip* terbesar adalah $18,30^\circ$ (roda depan) dan $45,07^\circ$ (roda belakang) serta sudut *slip* terendah sebesar $1,59^\circ$ dan $0,90^\circ$.

Nilai sudut *slip* pada ban dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konstruksi ban, tekanan ban, gaya lateral (F_y), gaya normal (F_z), dan gaya longitudinal ban (F_x). Sesuai dengan persamaan berikut:

$$\alpha_{rb} = 0,3 \cdot \frac{C_{rp}}{C_{rs}} \cdot \frac{C_{rx}}{C_{ro}} [0,087935(F_y \alpha)^{0,79008} - 0,005277(F_z)]$$

Hasil yang diperoleh dari perhitungan dapat dilihat bahwa semakin ke belakang letak titik CG maka sudut *slip* roda belakang akan semakin besar dan sudut *slip* roda depan akan semakin menurun. Hal itu sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$F_{cfy} = \frac{L_r}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta)$$

$$F_{cry} = \frac{L_f}{L} (F_c \cos \theta \cos \beta - W \sin \theta)$$

Dari persamaan diatas, diketahui gaya sentrifugal dipengaruhi oleh letak titik *center of gravity*. Semakin ke belakang letak titik CG nya maka semakin besar sudut *slip* pada roda belakang semakin bertambah, sedangkan sudut *slip* pada roda depan semakin menurun. Namun, dari hasil perhitungan dihimbau bahwa pengemudi agar lebih berhati-hati ketika melaju pada kecepatan 50 km/jam dan saat menggunakan sudut belok sebesar 20° hingga 35°

karena mempunyai sudut *slip* yang cukup besar di berbagai kondisi dan diperkirakan mengalami *skid* saat sudut belok 20° hingga 35° untuk ban belakang. Selain itu juga, pengemudi lebih berhati-hati ketika melaju pada kecepatan 50 km/jam dengan kondisi 1 atau ekstrim penuh saat kendaraan dalam keadaan penuh karena pada kondisi ini kendaraan memiliki sudut *slip* yang cukup besar dibandingkan dengan kondisi yang lain.

4.3.3 Analisa Besarnya Sudut *Slip* yang Terjadi pada Ban Kendaraan dengan Variasi Kecepatan

Berdasarkan hasil perhitungan untuk mengetahui besarnya sudut *slip* pada masing-masing ban ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$) didapatkan hasil rata-rata sudut *slip* pada ban depan (α_f) dan ban belakang (α_r) pada setiap variasi kecepatan pada sudut kemiringan 5.7° yang ditampilkan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 5 Sudut *Slip* Rata-Rata Roda Depan (α_f) dan Belakang (α_r) pada Kondisi 4 dengan Kecepatan 25-50 km/jam pada Kemiringan Jalan $\theta=5.7^\circ$

| V | θ | δ | α_f | α_r | V | θ | δ | α_f | α_r |
|---------------|-------------|----------|------------|------------|---------------|-------------|----------|------------|------------|
| V = 25 km/jam | 5.7° | 5 | 0.00 | 0.00 | V = 30 km/jam | 5.7° | 5 | 0.00 | 0.00 |
| | | 10 | 0.00 | 0.00 | | | 10 | 0.00 | 0.00 |
| | | 15 | 0.00 | 0.00 | | | 15 | 0.00 | 0.00 |
| | | 20 | 0.00 | 0.00 | | | 20 | 0.34 | 0.87 |
| | | 25 | 0.00 | 0.00 | | | 25 | 2.22 | 3.07 |
| | | 30 | 0.90 | 0.93 | | | 30 | 3.48 | 5.78 |
| | | 35 | 1.76 | 2.95 | | | 35 | 4.65 | 8.54 |
| V | θ | δ | α_f | α_r | V | θ | δ | α_f | α_r |
| V = 35 km/jam | 5.7° | 5 | 0.00 | 0.00 | V = 45 km/jam | 5.7° | 5 | 0.00 | 0.00 |
| | | 10 | 0.00 | 0.00 | | | 10 | 0.36 | 0.00 |
| | | 15 | 1.09 | 0.49 | | | 15 | 2.94 | 3.58 |
| | | 20 | 2.98 | 4.03 | | | 20 | 5.29 | 8.00 |
| | | 25 | 4.73 | 7.54 | | | 25 | 7.51 | 12.48 |
| | | 30 | 6.37 | 11.12 | | | 30 | 9.60 | 17.09 |
| | | 35 | 7.92 | 14.80 | | | 35 | 11.56 | 21.86 |

| V | θ | δ | af | ar | V | θ | δ | af | ar |
|---------------|----------|----------|-------|-------|---------------|----------|----------|-------|-------|
| V = 45 km/jam | 5.7° | 5 | 0.00 | 0.00 | V = 50 km/jam | 5.7° | 5 | 0.00 | 0.00 |
| | | 10 | 1.82 | 1.43 | | | 10 | 3.36 | 3.92 |
| | | 15 | 4.93 | 6.89 | | | 15 | 7.08 | 10.47 |
| | | 20 | 7.82 | 12.35 | | | 20 | 10.58 | 17.11 |
| | | 25 | 10.56 | 17.95 | | | 25 | 13.90 | 23.97 |
| | | 30 | 13.15 | 23.74 | | | 30 | 17.05 | 31.08 |
| | | 35 | 15.60 | 29.73 | | | 35 | 20.02 | 38.44 |

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.3, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai sudut belok yang dialami oleh kendaraan, maka besarnya sudut *slip* yang terjadi akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena gaya sentrifugal yang terjadi juga semakin meningkat seiring bertambahnya kecepatan dari kendaraan. Selain kecepatan, massa kendaraan dan jarak radius putarnya juga berpengaruh. Hal ini sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_c = m \cdot \frac{V^2}{R}$$

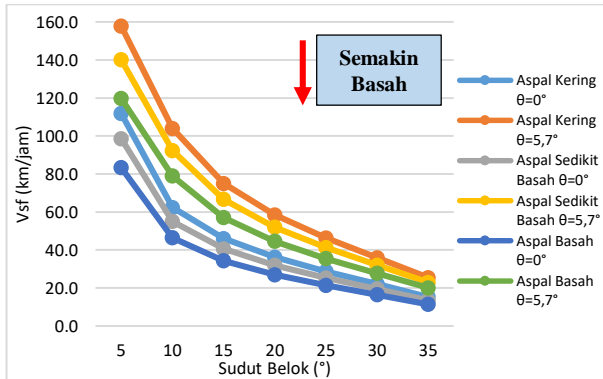
Ada juga persamaan yang menyebutkan bahwa semakin besar gaya sentrifugal yang dihasilkan menyebabkan gaya lateral yang terjadi juga semakin besar. Selain itu, semakin besar sudut belok yang diberikan, maka gaya lateral yang terjadi pada ban juga semakin besar sehingga menimbulkan *slip* pada ban. Pernyataan diatas sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$F_y = \frac{1}{2} \left[\frac{Lr}{L} (F_{cy}) \cdot \cos \delta_f + \frac{Lr}{L} (F_{cx}) \cdot \sin \delta_f \right]$$

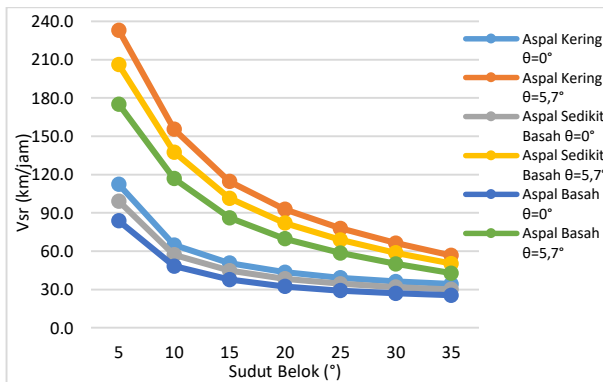
4.4 Analisa Skid Perilaku Arah Belok Kendaraan

Kendaraan akan mengalami *skid* apabila besarnya gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan ketika berbelok melebihi besarnya gaya gesek antara ban dengan permukaan jalan yang dilalui oleh kendaraan tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan telah didapatkan besarnya batas kecepatan maksimum *skid* pada roda depan dan roda belakang. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan kecepatan *skid* roda depan (V_{sf}) dan kecepatan *skid*

roda belakang (V_{sr}) terhadap sudut belok untuk setiap kondisi permukaan yang dilalui oleh kendaraan pada gambar 4.21 hingga 4.30.



Gambar 4. 21 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 1 (Ekstrim Penuh)



Gambar 4. 22 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 1 (Ekstrim Penuh)

Tabel 4. 6 Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan pada Kondisi 1 (Ekstrim Penuh)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | θ | Vsf Aspal Kering (km/jam) | Vsf Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsf Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 110.01 | 0° | 111.80 | 98.60 | 83.33 |
| 10° | 35.83 | | 62.36 | 55.00 | 46.48 |
| 15° | 21.20 | | 46.05 | 40.61 | 34.33 |
| 20° | 14.88 | | 36.21 | 31.93 | 26.99 |
| 25° | 11.36 | | 28.72 | 25.33 | 21.41 |
| 30° | 9.11 | | 22.10 | 19.49 | 16.47 |
| 35° | 7.55 | | 15.28 | 13.47 | 11.39 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 157.85 | 140.10 | 119.75 |
| 10° | 40.06 | | 104.00 | 92.33 | 78.96 |
| 15° | 22.56 | | 75.00 | 66.62 | 57.03 |
| 20° | 15.54 | | 58.52 | 52.03 | 44.62 |
| 25° | 11.74 | | 46.37 | 41.30 | 35.52 |
| 30° | 9.35 | | 35.89 | 32.07 | 27.73 |
| 35° | 7.72 | | 25.47 | 22.95 | 20.12 |

Tabel 4. 7 Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang pada Kondisi 1 (Ekstrim Penuh)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | θ | Vsr Aspal Kering (km/jam) | Vsr Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsr Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 110.01 | 0° | 112.41 | 99.13 | 83.78 |
| 10° | 35.83 | | 64.84 | 57.18 | 48.33 |
| 15° | 21.20 | | 50.74 | 44.75 | 37.82 |
| 20° | 14.88 | | 43.52 | 38.38 | 32.44 |
| 25° | 11.36 | | 39.12 | 34.50 | 29.16 |
| 30° | 9.11 | | 36.22 | 31.94 | 27.00 |
| 35° | 7.55 | | 34.22 | 30.18 | 25.50 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 233.05 | 206.14 | 175.13 |

| | | | | | |
|-----|-------|--|--------|--------|--------|
| 10° | 40.06 | | 155.44 | 137.50 | 116.83 |
| 15° | 22.56 | | 114.63 | 101.41 | 86.19 |
| 20° | 15.54 | | 92.74 | 82.06 | 69.76 |
| 25° | 11.74 | | 77.85 | 68.90 | 58.60 |
| 30° | 9.35 | | 66.37 | 58.76 | 50.01 |
| 35° | 7.72 | | 56.76 | 50.28 | 42.83 |

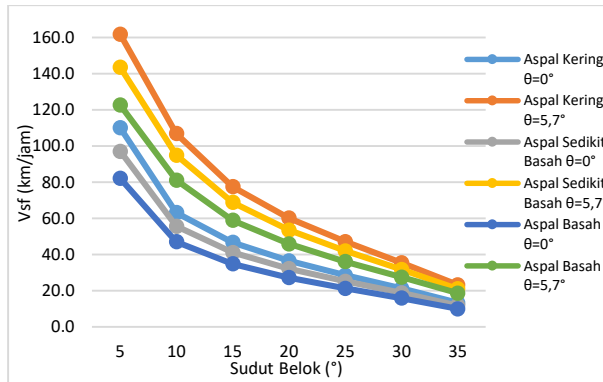
Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan oleh grafik pada gambar 4.21 dan gambar 4.22 dapat diketahui bahwa bus *double deck* pada kondisi 1 (ekstrim penuh) ini akan cenderung mengalami *understeer* karena $V_{sf} < V_{sr}$ untuk jalan datar dan miring aspal kering maupun basah. Pada grafik diatas juga dapat dilihat bahwa *trendline* batas kecepatan *skid* kendaraan mengalami penurunan untuk setiap penambahan sudut belok kendaraan. Hal ini menandakan bahwa semakin besar sudut belok maka batas kecepatan maksimum *skid* depan dan belakang akan semakin menurun.

Hasil dari grafik 4.21 dan 4.22 serta tabel 4.6 dan 4.7 saat kendaraan berbelok pada jalan datar atau $\theta = 0^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 111,80 km/jam (aspal kering), 98,60 km/jam (aspal sedikit basah), dan 83,33 km/jam (aspal basah) *skid* roda depan terkecil adalah 15,28 km/jam (aspal kering), 13,47 km/jam (aspal sedikit basah), dan 11,39 km/jam (aspal basah). Sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 112,41 km/jam (aspal kering), 99,13 km/jam (aspal sedikit basah) dan 83,78 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 34,22 km/jam (aspal kering), 30,18 km/jam (aspal sedikit basah) dan 25,50 km/jam (aspal basah).

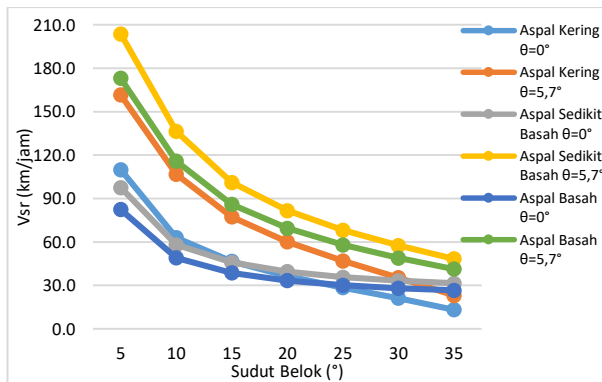
Saat melewati kemiringan melintang jalan $\theta = 5,7^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 157,85 km/jam (aspal kering), 140,10 km/jam (aspal sedikit basah), dan 119,75 km/jam (aspal basah), *skid* roda depan terkecil adalah 25,47 km/jam (aspal kering), 22,95 km/jam (aspal sedikit basah) dan

20,12 km/jam (aspal basah), sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 233,05 km/jam (aspal kering), 206,14 km/jam (aspal sedikit basah) dan 175,13 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 56,76 km/jam (aspal kering), 50,28 km/jam (aspal sedikit basah) dan 42,83 km/jam (aspal basah). *Skid* roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 1 (ekstrim penuh) terjadi ketika radius belok sebesar 110,01 m pada sudut belok 5° , sedangkan *skid* roda depan dan belakang terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 7,55 pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan melaju pada jalan miring $5,7^\circ$, *skid* roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan *skid* roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 7,72 m pada sudut belok 35° .

Ketika kendaraan melaju pada permukaan jalan aspal kering, kendaraan memiliki batas kecepatan maksimum *skid* yang lebih besar daripada melaju pada permukaan jalan aspal basah. Hal ini terjadi karena koefisien adhesi aspal kering lebih besar dibandingkan dengan aspal basah. Untuk koefisien adhesi aspal kering sebesar 0,9 sedangkan untuk aspal basah sebesar 0,5. Sehingga kendaraan melaju pada jalan yang basah akan cepat mengalami *skid*. Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwa semakin besar sudut kemiringan melintang jalan, maka kecepatan maksimumnya kendaraan tidak mengalami *skid* nya semakin tinggi. Selanjutnya adalah grafik batas kecepatan *skid* roda depan dan roda belakang pada kondisi 2 (ekstrim atas) dimana hanya ada penumpang di *deck* atas.



Gambar 4. 23 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 2 (Ekstrim Atas)



Gambar 4. 24 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 2 (Ekstrim Atas)

Tabel 4. 8 Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan pada Kondisi 2 (Ekstrim Atas)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | θ | Vsf Aspal Kering (km/jam) | Vsf Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsf Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 106.52 | 0° | 109.99 | 97.01 | 81.99 |
| 10° | 36.79 | | 63.03 | 55.59 | 46.98 |
| 15° | 22.00 | | 46.58 | 41.08 | 34.72 |
| 20° | 15.50 | | 36.40 | 32.10 | 27.13 |
| 25° | 11.85 | | 28.47 | 25.11 | 21.22 |
| 30° | 9.50 | | 21.24 | 18.73 | 15.83 |
| 35° | 7.88 | | 13.28 | 11.72 | 9.90 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 161.65 | 143.43 | 122.54 |
| 10° | 40.48 | | 106.81 | 94.80 | 81.04 |
| 15° | 23.21 | | 77.38 | 68.72 | 58.80 |
| 20° | 16.09 | | 60.10 | 53.43 | 45.80 |
| 25° | 12.19 | | 47.02 | 41.89 | 36.03 |
| 30° | 9.73 | | 35.39 | 31.66 | 27.42 |
| 35° | 8.03 | | 23.13 | 20.96 | 18.53 |

Tabel 4. 9 Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang pada Kondisi 2 (Ekstrim Atas)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | θ | Vsr Aspal Kering (km/jam) | Vsr Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsr Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 106.52 | 0° | 110.63 | 97.56 | 82.46 |
| 10° | 36.79 | | 65.83 | 58.06 | 49.07 |
| 15° | 22.00 | | 51.95 | 45.82 | 38.72 |
| 20° | 15.50 | | 44.81 | 39.52 | 33.40 |
| 25° | 11.85 | | 40.49 | 35.71 | 30.18 |
| 30° | 9.50 | | 37.67 | 33.22 | 28.08 |
| 35° | 7.88 | | 35.76 | 31.54 | 26.66 |

| | | | | | |
|-----|-------|------|--------|--------|--------|
| 5° | 88.23 | 5,7° | 230.36 | 203.77 | 173.15 |
| 10° | 40.48 | | 154.17 | 136.38 | 115.90 |
| 15° | 23.21 | | 114.35 | 101.17 | 86.00 |
| 20° | 16.09 | | 92.33 | 81.71 | 69.48 |
| 25° | 12.19 | | 77.03 | 68.19 | 58.01 |
| 30° | 9.73 | | 64.98 | 57.55 | 49.01 |
| 35° | 8.03 | | 54.66 | 48.44 | 41.30 |

Hasil yang diperoleh dari grafik pada gambar 4.23 dan 4.24 serta tabel 4.8 dan 4.9 pada kondisi 2 (ekstrim atas) saat kendaraan berbelok pada jalan datar atau $\theta = 0^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 109,99 km/jam (aspal kering), 97,01 km/jam (aspal sedikit basah), dan 81,99 km/jam (aspal basah) *skid* roda depan terkecil adalah 13,28 km/jam (aspal kering), 11,72 km/jam (aspal sedikit basah), dan 9,90 km/jam (aspal basah). Sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 110,63 km/jam (aspal kering), 97,56 km/jam (aspal sedikit basah) dan 82,46 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 35,76 km/jam (aspal kering), 31,54 km/jam (aspal sedikit basah) dan 26,66 km/jam (aspal basah).

Saat melewati kemiringan melintang jalan $\theta = 5,7^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 161,65 km/jam (aspal kering), 143,43 km/jam (aspal sedikit basah), dan 122,54 km/jam (aspal basah), *skid* roda depan terkecil adalah 23,13 km/jam (aspal kering), 20,96 km/jam (aspal sedikit basah) dan 18,53 km/jam (aspal basah), sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 230,36 km/jam (aspal kering), 203,77 km/jam (aspal sedikit basah) dan 173,15 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 54,66 km/jam (aspal kering), 48,44 km/jam (aspal sedikit basah) dan 41,30 km/jam (aspal basah).

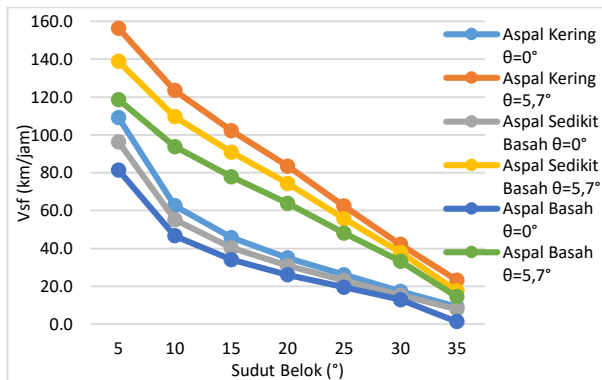
Skid roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 2 (ekstrim atas) terjadi ketika radius belok sebesar 106,52 m pada sudut belok 5° , sedangkan *skid* roda depan dan belakang terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 7,88 pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan melaju pada jalan miring $5,7^\circ$, *skid* roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan *skid* roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 8,03 m pada sudut belok 35° . Selanjutnya adalah grafik dan tabel batas kecepatan maksimum *skid* roda depan dan belakang pada kondisi 3 (ekstrim kosong).

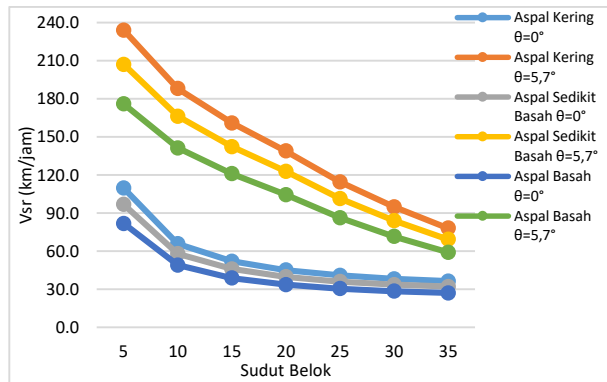
Tabel 4. 10 Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan pada Kondisi 3 (Ekstrim Kosong)

| Sudut Belok (δ_f) | Radius Belok (R_n) | θ | Vsf Aspal Kering (km/jam) | Vsf Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsf Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|-------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 104.86 | 0° | 109.17 | 96.28 | 81.37 |
| 10° | 36.67 | | 62.55 | 55.17 | 46.62 |
| 15° | 22.00 | | 45.73 | 40.33 | 34.09 |
| 20° | 15.54 | | 34.96 | 30.84 | 26.06 |
| 25° | 11.90 | | 26.16 | 23.07 | 19.50 |
| 30° | 9.56 | | 17.34 | 15.29 | 12.93 |
| 35° | 7.94 | | 9.22 | 7.96 | 1.32 |
| 5° | 88.23 | $5,7^\circ$ | 156.34 | 138.78 | 118.65 |
| 10° | 58.46 | | 123.41 | 109.59 | 93.76 |
| 15° | 44.86 | | 102.23 | 90.86 | 77.84 |
| 20° | 35.82 | | 83.44 | 74.28 | 63.81 |
| 25° | 26.86 | | 62.35 | 55.68 | 48.09 |
| 30° | 21.05 | | 42.09 | 37.92 | 33.23 |
| 35° | 17.13 | | 23.22 | 17.60 | 14.50 |

Tabel 4. 11 Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang pada Kondisi 3 (Ekstrim Kosong)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (Rn) | θ | Vsr Aspal Kering (km/jam) | Vsr Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsr Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|-------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 104.86 | 0° | 109.72 | 96.76 | 81.78 |
| 10° | 36.67 | | 65.79 | 58.02 | 49.04 |
| 15° | 22.00 | | 52.10 | 45.95 | 38.84 |
| 20° | 15.54 | | 45.11 | 39.78 | 33.62 |
| 25° | 11.90 | | 40.91 | 36.08 | 30.49 |
| 30° | 9.56 | | 38.21 | 33.70 | 28.48 |
| 35° | 7.94 | | 36.41 | 32.11 | 27.14 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 234.13 | 207.08 | 175.93 |
| 10° | 58.46 | | 188.03 | 166.32 | 141.32 |
| 15° | 44.86 | | 160.91 | 142.36 | 120.99 |
| 20° | 35.82 | | 138.90 | 122.92 | 104.51 |
| 25° | 26.86 | | 114.60 | 101.45 | 86.31 |
| 30° | 21.05 | | 94.97 | 84.11 | 71.63 |
| 35° | 17.13 | | 78.17 | 69.29 | 59.10 |

**Gambar 4. 25** Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 3 (Ekstrim Kosong)



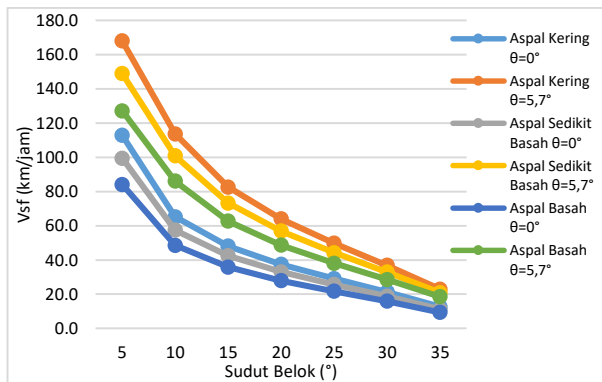
Gambar 4. 26 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 3 (Ekstrim Kosong)

Hasil yang diperoleh dari grafik pada gambar 4.25 dan 4.26 serta tabel 4.10 dan 4.11 pada kondisi 3 (ekstrim kosong) saat kendaraan berbelok pada jalan datar atau $\theta = 0^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 109,17 km/jam (aspal kering), 96,28 km/jam (aspal sedikit basah), dan 81,37 km/jam (aspal basah) *skid* roda depan terkecil adalah 9,22 km/jam (aspal kering), 7,96 km/jam (aspal sedikit basah), dan 1,32 km/jam (aspal basah). Sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 109,72 km/jam (aspal kering), 96,76 km/jam (aspal sedikit basah) dan 81,78 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 35,76 km/jam (aspal kering), 31,54 km/jam (aspal sedikit basah) dan 26,66 km/jam (aspal basah).

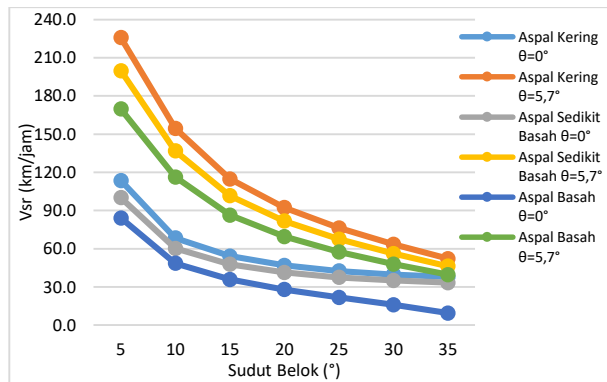
Saat melewati kemiringan melintang jalan $\theta = 5,7^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 161,65 km/jam (aspal kering), 143,43 km/jam (aspal sedikit basah), dan 122,54 km/jam (aspal basah), *skid* roda depan terkecil adalah 36,41 km/jam (aspal kering), 32,11 km/jam (aspal sedikit basah) dan 27,14 km/jam (aspal basah), sedangkan kecepatan maksimum *skid*

roda belakang terbesar adalah 234,13 km/jam (aspal kering), 207,08 km/jam (aspal sedikit basah) dan 175,93 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 78,17 km/jam (aspal kering), 69,29 km/jam (aspal sedikit basah) dan 59,10 km/jam (aspal basah).

Skid roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 3 (ekstrim kosong) terjadi ketika radius belok sebesar 104,86 m pada sudut belok 5°, sedangkan *skid* roda depan dan belakang terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 7,94 m pada sudut belok 35° di jalan datar. Saat kendaraan pada jalan miring 5,7°, *skid* roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5°, sedangkan *skid* roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 17,13 m pada sudut belok 35°. Selanjutnya adalah grafik dan tabel batas kecepatan maksimum *skid* roda depan dan belakang pada kondisi 4 (ekstrim depan).



Gambar 4. 27 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 4 (Ekstrim Penuh)



Gambar 4. 28 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 4 (Ekstrim Penuh)

Tabel 4. 12 Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan pada Kondisi 4 (Ekstrim Depan)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | θ | Vsf Aspal Kering (km/jam) | Vsf Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsf Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 111.99 | 0° | 112.75 | 99.43 | 84.04 |
| 10° | 39.40 | | 65.15 | 57.46 | 48.56 |
| 15° | 23.61 | | 48.11 | 42.43 | 35.86 |
| 20° | 16.61 | | 37.46 | 33.04 | 27.92 |
| 25° | 12.67 | | 29.10 | 25.66 | 21.69 |
| 30° | 10.14 | | 21.38 | 18.85 | 15.93 |
| 35° | 8.38 | | 12.64 | 11.15 | 9.42 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 167.87 | 148.89 | 127.10 |
| 10° | 42.54 | | 113.59 | 100.78 | 86.08 |
| 15° | 24.64 | | 82.54 | 73.27 | 62.65 |
| 20° | 17.12 | | 63.96 | 56.84 | 48.68 |
| 25° | 12.96 | | 49.72 | 44.27 | 38.05 |
| 30° | 10.33 | | 36.89 | 32.99 | 28.55 |
| 35° | 8.51 | | 22.98 | 20.87 | 18.51 |

Tabel 4. 13 Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang pada Kondisi 4 (Ekstrim Depan)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (Rn) | θ | Vsr Aspal Kering (km/jam) | Vsr Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsr Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|-------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 111.99 | 0° | 113.49 | 100.09 | 84.59 |
| 10° | 39.40 | | 68.31 | 60.24 | 50.91 |
| 15° | 23.61 | | 54.13 | 47.74 | 40.34 |
| 20° | 16.61 | | 46.85 | 41.32 | 34.92 |
| 25° | 12.67 | | 42.49 | 37.47 | 31.67 |
| 30° | 10.14 | | 39.68 | 34.99 | 29.58 |
| 35° | 8.38 | | 37.81 | 33.35 | 28.18 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 225.70 | 199.67 | 169.70 |
| 10° | 42.54 | | 154.52 | 136.72 | 116.21 |
| 15° | 24.64 | | 114.75 | 101.55 | 86.34 |
| 20° | 17.12 | | 92.23 | 81.64 | 69.45 |
| 25° | 12.96 | | 76.27 | 67.54 | 57.49 |
| 30° | 10.33 | | 63.45 | 56.22 | 47.91 |
| 35° | 8.51 | | 52.20 | 46.30 | 39.53 |

Hasil yang diperoleh dari grafik pada gambar 4.27 dan 4.28 serta tabel 4.12 dan 4.13 pada kondisi 4 (ekstrim depan) saat kendaraan berbelok pada jalan datar atau $\theta = 0^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 112,75 km/jam (aspal kering), 99,43 km/jam (aspal sedikit basah), dan 84,04 km/jam (aspal basah) *skid* roda depan terkecil adalah 12,64 km/jam (aspal kering), 11,15 km/jam (aspal sedikit basah), dan 9,42 km/jam (aspal basah). Sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 113,49 km/jam (aspal kering), 100,09 km/jam (aspal sedikit basah) dan 84,59 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 37,81 km/jam (aspal kering), 33,35 km/jam (aspal sedikit basah) dan 28,18 km/jam (aspal basah).

Saat melewati kemiringan melintang jalan $\theta = 5,7^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 167,87 km/jam (aspal kering), 148,89 km/jam (aspal sedikit basah), dan 127,10 km/jam (aspal basah), *skid* roda depan terkecil adalah 22,98 km/jam (aspal kering), 20,87 km/jam (aspal sedikit basah) dan 18,51 km/jam (aspal basah), sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 225,70 km/jam (aspal kering), 199,67 km/jam (aspal sedikit basah) dan 169,70 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 52,20 km/jam (aspal kering), 46,30 km/jam (aspal sedikit basah) dan 39,53 km/jam (aspal basah).

Skid roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 4 (ekstrim depan) terjadi ketika radius belok sebesar 111,99 m pada sudut belok 5° , sedangkan *skid* terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 8,38 m pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan pada jalan miring $5,7^\circ$, *skid* roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan *skid* terkecil ketika radius belok sebesar 8,51 m pada sudut belok 35° . Selanjutnya adalah kecepatan maksimum *skid* roda depan dan belakang pada kondisi 5 (ekstrim belakang).

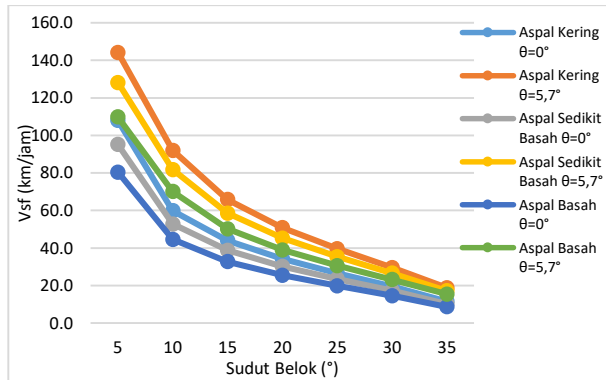
Tabel 4. 14 Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan pada Kondisi 5 (Ekstrim Belakang)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | θ | Vsf Aspal Kering (km/jam) | Vsf Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsf Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|-----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 102.31 | 0° | 107.92 | 95.17 | 80.44 |
| 10° | 33.21 | | 59.87 | 52.80 | 44.63 |
| 15° | 19.69 | | 43.96 | 38.77 | 32.77 |
| 20° | 13.88 | | 34.22 | 30.18 | 25.51 |
| 25° | 10.64 | | 26.63 | 23.48 | 19.85 |
| 30° | 8.57 | | 19.60 | 17.29 | 14.61 |

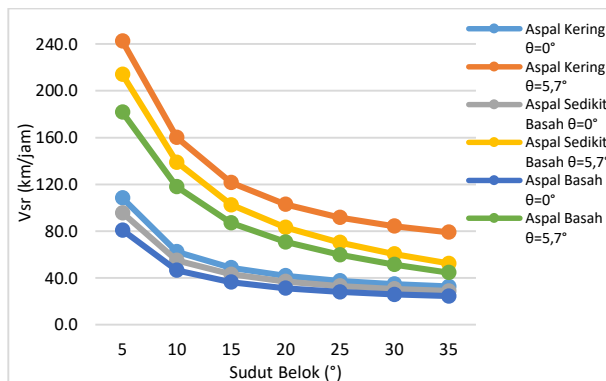
| | | | | | |
|-----|-------|------|--------|--------|--------|
| 35° | 7.14 | | 11.61 | 10.24 | 8.65 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 144.21 | 128.15 | 109.78 |
| 10° | 37.78 | | 92.00 | 81.79 | 70.11 |
| 15° | 21.17 | | 65.80 | 58.54 | 50.25 |
| 20° | 14.59 | | 50.85 | 45.30 | 38.97 |
| 25° | 11.05 | | 39.62 | 35.39 | 30.58 |
| 30° | 8.84 | | 29.60 | 26.59 | 23.18 |
| 35° | 7.32 | | 18.84 | 17.23 | 15.46 |

Tabel 4. 15 Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang pada Kondisi 5 (Ekstrim Belakang)

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (Rn) | θ | Vsr Aspal Kering (km/jam) | Vsr Aspal Sedikit Basah (km/jam) | Vsr Aspal Basah (km/jam) |
|----------------------------|-------------------|----------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 5° | 102.31 | 0° | 108.31 | 95.52 | 80.73 |
| 10° | 33.21 | | 62.28 | 54.92 | 46.42 |
| 15° | 19.69 | | 48.68 | 42.93 | 36.29 |
| 20° | 13.88 | | 41.71 | 36.79 | 31.09 |
| 25° | 10.64 | | 37.45 | 33.03 | 27.91 |
| 30° | 8.57 | | 34.61 | 30.53 | 25.80 |
| 35° | 7.14 | | 32.64 | 28.79 | 24.33 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 242.47 | 214.03 | 181.77 |
| 10° | 37.78 | | 160.07 | 138.83 | 117.92 |
| 15° | 21.17 | | 121.53 | 102.36 | 86.96 |
| 20° | 14.59 | | 102.85 | 83.14 | 70.64 |
| 25° | 11.05 | | 91.65 | 70.23 | 59.70 |
| 30° | 8.84 | | 84.25 | 60.42 | 51.38 |
| 35° | 7.32 | | 79.08 | 52.31 | 44.51 |



Gambar 4. 29 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Depan terhadap Sudut Belok pada Kondisi 5 (Ekstrim Belakang)



Gambar 4. 30 Grafik Batas Kecepatan *Skid* Roda Belakang terhadap Sudut Belok pada Kondisi 5 (Ekstrim Belakang)

Hasil yang diperoleh dari grafik pada gambar 4.29 dan 4.30 serta tabel 4.14 dan 4.15 pada kondisi 4 (ekstrim depan) saat kendaraan berbelok pada jalan datar atau $\theta = 0^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 107,92 km/jam (aspal kering), 95,17 km/jam (aspal sedikit basah), dan 80,44 km/jam

(aspal basah) *skid* roda depan terkecil adalah 11,61 km/jam (aspal kering), 10,24 km/jam (aspal sedikit basah), dan 8,65 km/jam (aspal basah). Sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 108,31 km/jam (aspal kering), 95,52 km/jam (aspal sedikit basah) dan 80,73 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 32,64 km/jam (aspal kering), 28,79 km/jam (aspal sedikit basah) dan 24,33 km/jam (aspal basah).

Saat melewati kemiringan melintang jalan $\theta = 5,7^\circ$, kecepatan maksimum *skid* roda depan terbesar adalah 144,21 km/jam (aspal kering), 128,15 km/jam (aspal sedikit basah), dan 109,78 km/jam (aspal basah), *skid* roda depan terkecil adalah 18,84 km/jam (aspal kering), 17,23 km/jam (aspal sedikit basah) dan 15,48 km/jam (aspal basah), sedangkan kecepatan maksimum *skid* roda belakang terbesar adalah 242,47 km/jam (aspal kering), 214,03 km/jam (aspal sedikit basah) dan 181,77 km/jam (aspal basah), *skid* roda belakang terkecil adalah 79,08 km/jam (aspal kering), 52,31 km/jam (aspal sedikit basah) dan 44,51 km/jam (aspal basah).

Skid roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 5 (ekstrim belakang) terjadi ketika radius belok sebesar 102,31 m pada sudut belok 5° , sedangkan *skid* terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 7,14 m pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan melaju pada jalan miring $5,7^\circ$, *skid* roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan *skid* roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 7,32 m pada sudut belok 35° .

Berdasarkan grafik 4.21 hingga 4.30 dan tabel 4.6 hingga 4.13 di lihat bahwa semakin besar sudut kemiringan melintang jalan, maka batas kecepatan tidak mengalami *skid* akan semakin besar itu berarti kendaraan lebih aman ketika melewati jalan miring daripada jalan datar. Selain itu, dari kelima kondisi yang divariasikan dapat diketahui bahwa pada kondisi 5 (ekstrim

belakang) kendaraan ini sangat berbahaya karena mempunyai batas kecepatan maksimum tidak mengalami *skid* paling kecil diantara keempat kondisi yang lain. Kondisi yang paling aman adalah kondisi 4 (ekstrim depan) untuk keadaan dimana kendaraan ini berjalan pada jalan datar dan jalan miring di segala kondisi permukaan jalan baik aspal kering, aspal sedikit basah, dan aspal basah. Hasil yang didapatkan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor sehingga hasil setiap kondisi berbeda-beda, faktor yang mempengaruhi antara lain : koefisien gesek, peletakan titik CG, radius belok, massa kendaraan, dan kemiringan melintang jalan. Sesuai dengan persamaan berikut ini :

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R.g}{w} \left[\frac{(\mu.L_r.W \cos \theta) - (\mu.R_a.h_{gf}) + (\mu.M_p) + (L_r.W \sin \theta)}{(L_r.\cos \beta.\cos \theta) - (\mu.L_r.\cos \beta.\sin \theta) - (h_{gf}.\mu \sin \beta)} \right]}$$

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R.g}{w} \left[\frac{(\mu.L_f.W \cos \theta) + (\mu.R_a.h_{gr}) - (\mu.M_p) + (L_f.W \sin \theta)}{(L_f.\cos \beta.\cos \theta) - (\mu.L_f.\cos \beta.\sin \theta) + (h_{gr}.\mu \sin \beta)} \right]}$$

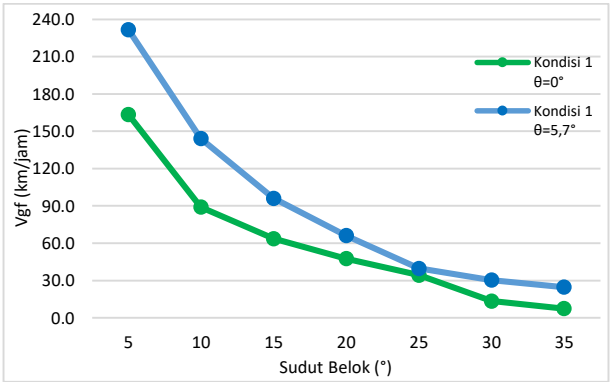
Jadi, bagi para pengemudi dihimbau untuk lebih berhati-hati ketika mengendarai kendaraan pada saat kondisi 5 (ekstrim belakang) dimana hanya ada penumpang di *deck* atas bagian belakang dan bagasi dalam keadaan penuh.

4.5 Analisa Guling Perilaku Arah Belok Kendaraan

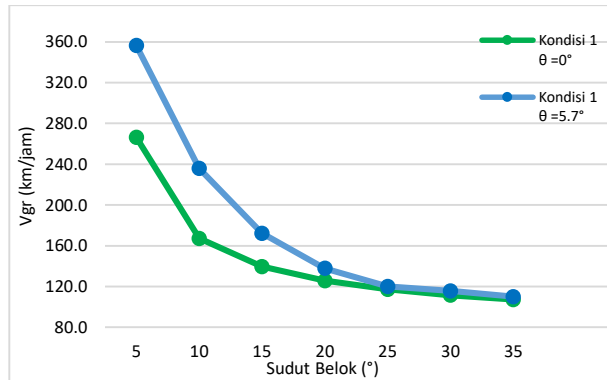
Kendaraan dalam keadaan kritis mulai akan terguling jika ada salah satu atau dua roda yang terangkat ketika berbelok. Kondisi ini sangat membahayakan bagi pengemudi maupun penumpang dan merupakan salah satu penyebab kecelakaan lalu lintas. Bagi pengemudi, hal seperti ini sangatlah penting untuk mengetahui batas kecepatan maksimum kendaraan tidak mengalami guling. Setelah melakukan perhitungan didapatkan grafik kecepatan guling terhadap sudut belok pada gambar 4. 31 dan 4.40 serta tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang pada Kondisi 1

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | Kemiringan Jalan (θ) | Vgf (km/jam) | Vgr (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| 5° | 110.01 | 0° | 163.41 | 266.36 |
| 10° | 35.83 | | 89.00 | 167.19 |
| 15° | 21.20 | | 63.63 | 139.64 |
| 20° | 14.88 | | 47.58 | 125.82 |
| 25° | 11.36 | | 34.37 | 117.31 |
| 30° | 9.11 | | 13.51 | 111.46 |
| 35° | 7.55 | | 7.39 | 107.15 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 231.59 | 356.58 |
| 10° | 40.06 | | 144.09 | 235.77 |
| 15° | 22.56 | | 96.12 | 172.21 |
| 20° | 15.54 | | 66.15 | 137.81 |
| 25° | 11.74 | | 39.73 | 120.16 |
| 30° | 9.35 | | 30.40 | 115.70 |
| 35° | 7.72 | | 24.66 | 109.97 |



Gambar 4. 31 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) dengan Sudut Belok pada Kondisi 1



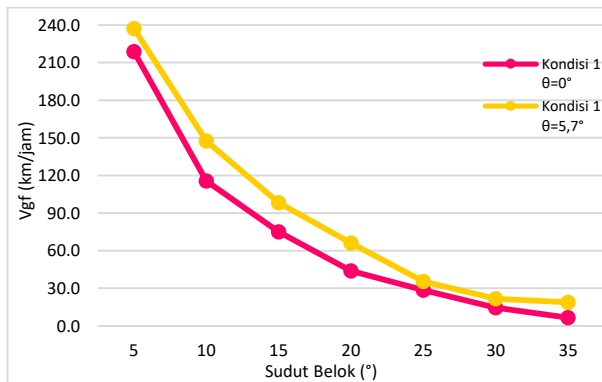
Gambar 4. 32 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (V_{gr}) dengan Sudut Belok pada Kondisi 1

Berdasarkan grafik batas kecepatan guling yang ditampilkan pada gambar 4.31 dan 4.32 serta tabel 4.16 dapat dilihat bahwa nilai V_{gf} lebih kecil daripada nilai V_{gr} sehingga salah satu roda depan kendaraan akan terangkat terlebih dahulu sebelum salah satu roda belakang mulai terangkat. Hal ini menunjukkan bahwa bus *double deck* cenderung mengalami kondisi *understeer*. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa *trendline* batas kecepatan maksimu tidak guling kendaraan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya sudut belok kendaraan dan juga semakin bertambahnya sudut kemiringan melintang jalan maka batas kecepatan maksimum tidak guling akan semakin meningkat.

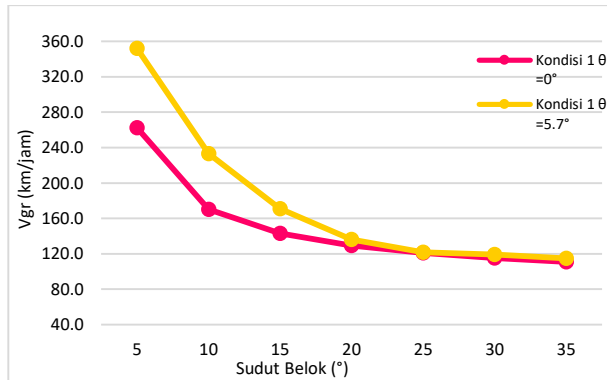
Hasil perhitungan yang diperoleh pada kondisi 1, batas kecepatan maksimum guling depan terbesar adalah 163,41 km/jam (jalan datar) dan 231,59 km/jam (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum terkecil adalah 7,39 km/jam (jalan datar) dan 24,66 km/jam (jalan miring). Batas kecepatan maksimum guling belakang terbesar adalah 266,36 km/jam (jalan datar) dan 356,58 (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum guling belakang

terkecil adalah 107,15 km/jam (jalan datar) dan 109,97 km/jam (jalan miring).

Batas kecepatan maksimum guling roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 1 (ekstrim penuh) terjadi ketika radius belok sebesar 110,01 m pada sudut belok 5° , sedangkan batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 7,55 m pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan melaju pada jalan miring $5,7^\circ$, batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan guling roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 7,72 m pada sudut belok 35° . Selanjutnya adalah grafik batas kecepatan guling roda depan dan roda belakang pada kondisi 2 (ekstrim atas) dimana hanya ada penumpang di *deck* atas.



Gambar 4. 33 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) terhadap Sudut Belok pada Kondisi 2



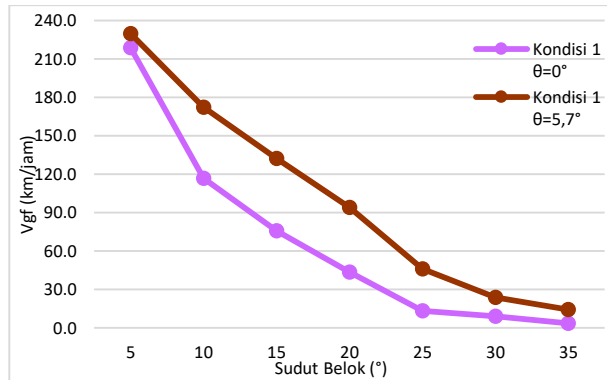
Gambar 4. 34 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 2

Tabel 4. 17 Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang pada Kondisi 2

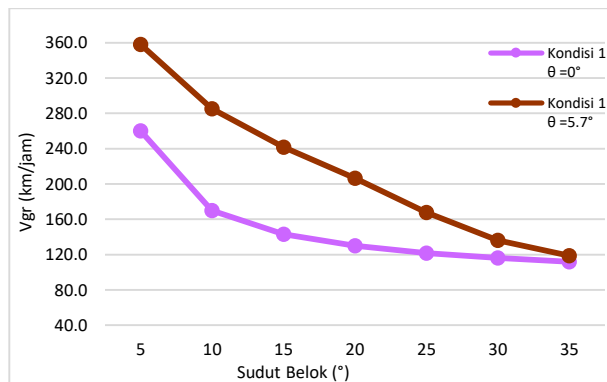
| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (Rn) | Kemiringan Jalan (θ) | Vgf (km/jam) | Vgr (km/jam) |
|------------------|-------------------|----------------------|--------------|--------------|
| 5° | 106.52 | 0° | 218.68 | 262.59 |
| 10° | 36.79 | | 115.71 | 170.10 |
| 15° | 22.00 | | 75.14 | 143.11 |
| 20° | 15.50 | | 44.01 | 129.43 |
| 25° | 11.85 | | 28.50 | 120.97 |
| 30° | 9.50 | | 14.54 | 115.16 |
| 35° | 7.88 | | 6.67 | 110.86 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 237.13 | 352.13 |
| 10° | 40.48 | | 147.48 | 233.28 |
| 15° | 23.21 | | 98.16 | 171.08 |
| 20° | 16.09 | | 65.99 | 136.31 |
| 25° | 12.19 | | 35.61 | 121.84 |
| 30° | 9.73 | | 21.61 | 119.22 |
| 35° | 8.03 | | 18.84 | 115.04 |

Hasil perhitungan yang diperoleh saat kondisi 2 pada gambar 4.33 dan 4.34 serta tabel 4.17, batas kecepatan maksimum guling depan terbesar adalah 218,68 km/jam (jalan datar) dan 237,13 km/jam (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum terkecil adalah 6,67 km/jam (jalan datar) dan 18,84 km/jam (jalan miring). Batas kecepatan maksimum guling belakang terbesar adalah 262,59 km/jam (jalan datar) dan 352,13 (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum guling belakang terkecil adalah 110,86 km/jam (jalan datar) dan 115,04 km/jam (jalan miring).

Batas kecepatan maksimum guling roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 2 (ekstrim atas) terjadi ketika radius belok sebesar 106,52 m pada sudut belok 5° , sedangkan batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 7,88 m pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan melaju pada jalan miring $5,7^\circ$, batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan guling roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 8,03 m pada sudut belok 35° . Selanjutnya adalah grafik dan tabel batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang pada kondisi 3 (ekstrim kosong) dimana kendaraan ini tidak ada penumpang maupun barang di bagasi.



Gambar 4. 35 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) terhadap Sudut Belok pada Kondisi 3

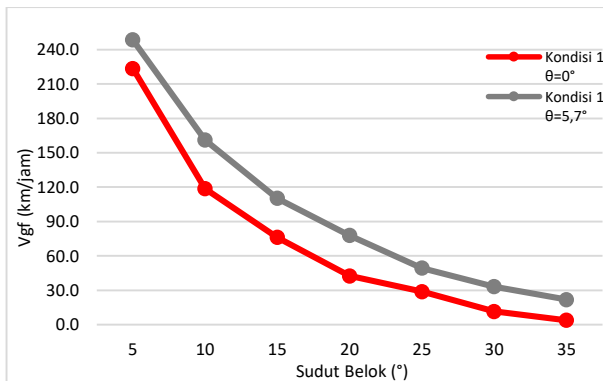


Gambar 4. 36 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 3

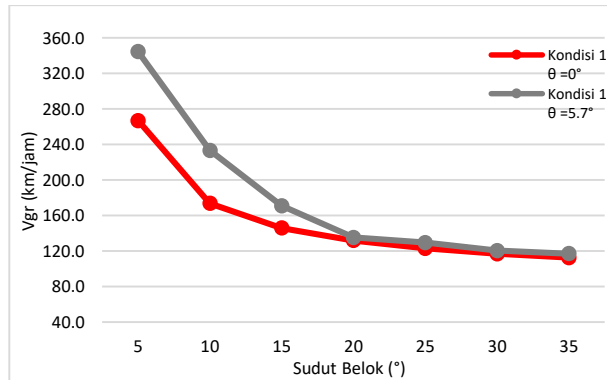
Hasil perhitungan yang diperoleh saat kondisi 3 pada gambar 4.35 dan 4.36 serta tabel 4.18, batas kecepatan maksimum guling depan terbesar adalah 218,78 km/jam (jalan datar) dan 229,94 km/jam (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum terkecil adalah 3,68 km/jam (jalan datar) dan 14,49 km/jam (jalan

miring). Batas kecepatan maksimum guling belakang terbesar adalah 260,28 km/jam (jalan datar) dan 358,32 (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum guling belakang terkecil adalah 112,04 km/jam (jalan datar) dan 118,73 km/jam (jalan miring).

Batas kecepatan maksimum guling roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 3 (ekstrim kosong) terjadi ketika radius belok sebesar 104,86 m pada sudut belok 5° , sedangkan batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 7,94 m pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan melaju pada jalan miring $5,7^\circ$, batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 17,13 m pada sudut belok 35° . Selanjutnya adalah grafik dan tabel batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang pada kondisi 4 (ekstrim depan) dimana kendaraan ini penuh di bagian depan pada kedua *deck*.



Gambar 4. 37 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) terhadap Sudut Belok pada Kondisi 4



Gambar 4. 38 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 4

Tabel 4. 18 Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang pada Kondisi 4

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | Kemiringan Jalan (θ) | Vgf (km/jam) | Vgr (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| 5° | 111.99 | 0° | 223.49 | 266.93 |
| 10° | 39.40 | | 118.68 | 173.70 |
| 15° | 23.61 | | 76.17 | 145.92 |
| 20° | 16.61 | | 42.53 | 131.73 |
| 25° | 12.67 | | 28.87 | 122.95 |
| 30° | 10.14 | | 11.60 | 116.91 |
| 35° | 8.38 | | 3.91 | 112.46 |
| 5° | 88.23 | 5,7° | 248.53 | 344.62 |
| 10° | 42.54 | | 161.03 | 233.23 |
| 15° | 24.64 | | 110.34 | 170.95 |
| 20° | 17.12 | | 77.82 | 135.23 |
| 25° | 12.96 | | 49.44 | 129.51 |
| 30° | 10.33 | | 33.17 | 120.41 |
| 35° | 8.51 | | 21.91 | 116.92 |

Hasil perhitungan yang diperoleh saat kondisi 4 pada gambar 4.37 dan 4.38 serta tabel 4.19, batas kecepatan maksimum guling depan terbesar adalah 223,49 km/jam (jalan datar) dan

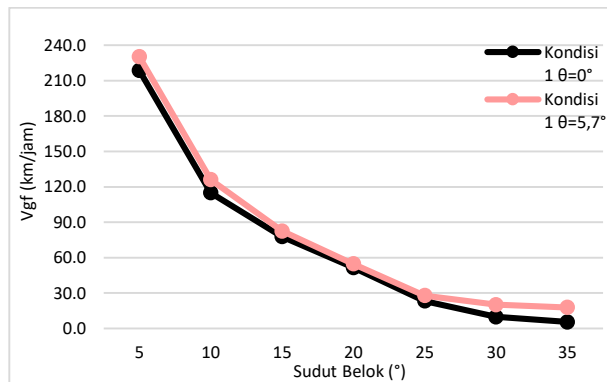
248,53 km/jam (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum terkecil adalah 3,91 km/jam (jalan datar) dan 21,91 km/jam (jalan miring). Batas kecepatan maksimum guling belakang terbesar adalah 266,93 km/jam (jalan datar) dan 344,62 km/jam (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum guling belakang terkecil adalah 112,46 km/jam (jalan datar) dan 116,92 km/jam (jalan miring).

Batas kecepatan maksimum guling roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 4 (ekstrim depan) terjadi ketika radius belok sebesar 111,99 m pada sudut belok 5° , sedangkan batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 8,32 m pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan melaju pada jalan miring $5,7^\circ$, batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 8,51 m pada sudut belok 35° . Selanjutnya adalah grafik dan tabel batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang pada kondisi 5 (ekstrim belakang) dimana kendaraan ini penuh di bagian belakang pada *deck* atas dan barang penuh di bagasi.

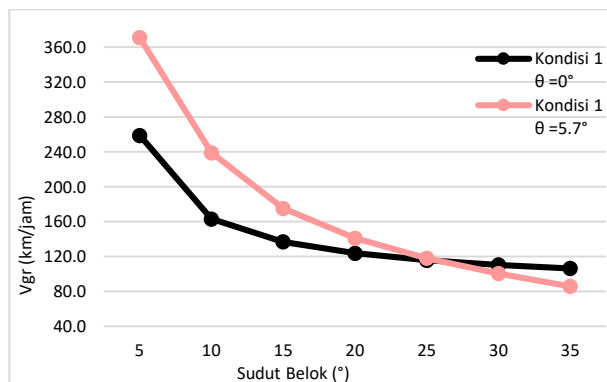
Tabel 4. 19 Batas Kecepatan Guling Roda Depan dan Belakang pada Kondisi 5

| Sudut Belok (δf) | Radius Belok (R_n) | Kemiringan Jalan (θ) | V _{gf} (km/jam) | V _{gr} (km/jam) |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5° | 102.31 | 0° | 218.54 | 259.02 |
| 10° | 33.21 | | 114.99 | 163.15 |
| 15° | 19.69 | | 77.78 | 136.88 |
| 20° | 13.88 | | 51.63 | 123.84 |
| 25° | 10.64 | | 23.18 | 115.89 |
| 30° | 8.57 | | 9.85 | 110.47 |
| 35° | 7.14 | | 5.48 | 106.51 |

| | | | | |
|-----|-------|------|--------|--------|
| 5° | 88.23 | 5,7° | 230.22 | 371.08 |
| 10° | 37.78 | | 126.03 | 239.22 |
| 15° | 21.17 | | 82.53 | 175.20 |
| 20° | 14.59 | | 54.68 | 141.23 |
| 25° | 11.05 | | 27.83 | 118.26 |
| 30° | 8.84 | | 20.11 | 100.63 |
| 35° | 7.32 | | 17.82 | 85.91 |



Gambar 4. 39 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Depan (Vgf) terhadap Sudut Belok pada Kondisi 5



Gambar 4. 40 Grafik Batas Kecepatan Guling Roda Belakang (Vgr) dengan Sudut Belok pada Kondisi 5

Hasil perhitungan yang diperoleh saat kondisi 5 pada gambar 4.39 dan 4.40 serta tabel 4.20, batas kecepatan maksimum guling depan terbesar adalah 218,54 km/jam (jalan datar) dan 230,22 km/jam (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum terkecil adalah 5,48 km/jam (jalan datar) dan 17,82km/jam (jalan miring). Batas kecepatan maksimum guling belakang terbesar adalah 259,02 km/jam (jalan datar) dan 371,08 km/jam (jalan miring), sedangkan kecepatan maksimum guling belakang terkecil adalah 106,51 km/jam (jalan datar) dan 85,91km/jam (jalan miring).

Batas kecepatan maksimum guling roda depan dan roda belakang terbesar pada kondisi 4 (ekstrim depan) terjadi ketika radius belok sebesar 102,31m pada sudut belok 5° , sedangkan batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terkecil terjadi ketika radius belok sebesar 7,14 m pada sudut belok 35° untuk jalan datar. Saat kendaraan melaju pada jalan miring $5,7^\circ$, batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terbesar terjadi ketika radius belok sebesar 88,23 m pada sudut belok 5° , sedangkan batas kecepatan maksimum guling roda depan dan belakang terkecil ketika radius belok sebesar 7,32 m pada sudut belok 35° .

Berdasarkan gambar grafik 4.31 hingga 4.40 dan tabel 4.14 hingga 4.18 dilihat bahwa semakin besar sudut kemiringan melintang jalan, maka batas kecepatan tidak mengalami guling akan semakin besar itu berarti kendaraan lebih aman ketika melewati jalan miring daripada jalan datar. Selain itu, dari kelima kondisi yang divariasikan dapat diketahui bahwa pada kondisi 5 (ekstrim belakang) ini paling berbahaya karena mempunyai batas kecepatan maksimum tidak mengalami guling paling kecil. Kondisi yang paling aman adalah kondisi 4 (ekstrim depan) untuk keadaan dimana kendaraan ini berjalan pada jalan datar dan jalan miring.

Perolehan hasil dari perhitungan diatas tentunya dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya peletakan titik CG, radius putar, massa kendaraan, dan kemiringan melintang jalan. Ketika titik CG bergeser keatas mengakibatkan jarak antara sumbu guling dengan titik CG menjadi semakin besar. Oleh karena itu, momen guling yang terjadi pada kendaraan saat berbelok semakin meningkat. Saat kendaraan melewati jalan miring maka kecepatan maksimum tidak guling akan semakin besar. Sesuai dengan persamaan dibawah ini :

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[\frac{(L_r \cdot W \cos \theta \cdot t_f) + (2 \cdot L_r \cdot h_{gf} \cdot W \sin \theta) - (2 \cdot L_r \cdot M_{gf}) - (R_a \cdot h_{gf} \cdot t_f) - (M_p \cdot t_f)}{(2 \cdot L_r \cdot h_{gf} \cos \beta \cos \theta) - (L_r \cdot \cos \beta \sin \theta \cdot t_f) - (h_{gf} \sin \beta \cdot t_f)} \right]}$$

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W} \left[\frac{(L_f \cdot W \cos \theta \cdot t_r) + (2 \cdot L_f \cdot h_{gr} \cdot W \sin \theta) - (2 \cdot L_f \cdot M_{gr}) + (R_a \cdot h_{gr} \cdot t_r) + (M_p \cdot t_r)}{(2 \cdot L_f \cdot h_{gr} \cos \beta \cos \theta \cdot t_r) + (L_f \cdot \cos \beta \sin \theta \cdot t_r) + (h_{gr} \sin \beta \cdot t_r)} \right]}$$

4.6 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Cara untuk mengetahui penelitian ini benar atau tidak bisa dilakukan dengan cara verifikasi. Verifikasi dapat dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu yang menggunakan metode penelitian yang sama. Pada sub bab ini akan dilakukan perbandingan hasil penelitian terdahulu dari analisis stabilitas mobil Toyota Fortuner dari penelitian saudara Deva Andriansyah dengan analisis stabilitas Bus *Double Deck* saat kondisi penuh. Berikut merupakan tabel perbandingan hasil penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu.

Tabel 4. 20 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

| | Bus <i>Double Deck</i> | Mobil Toyota Fortuner |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Berat Kendaraan (Penuh) | 25500 kg | 2355,5 kg |
| Lf | 5,313 m | 1,455 m |
| Lr | 2,387 m | 1,295 m |
| H | 2,293 m | 0,467 m |
| α_f | 9,88° | 32,53° |
| α_r | 15,69° | 39,06° |
| Radius Nyata | 21,20 m | 7,11 m |
| Vsf | 46,05 km/jam | 34,84 km/jam |
| Vsr | 50,74 km/jam | 33,51 km/jam |
| Vgf | 63,63 km/jam | 47,93 km/jam |
| Vgr | 139,64 km/jam | 44,58 km/jam |

Penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang terdapat perbedaan yaitu kendaraan yang diteliti. Penelitian ini menggunakan kendaraan bus *double deck*, sedangkan penelitian terdahulu menggunakan kendaraan mobil Toyota Fortuner. Perbandingan hasil penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu yang ditabelkan pada tabel 4.21 merupakan kendaraan pada kondisi penuh dengan kecepatan 50 km/jam dan sudut belok 15° di jalan datar. Hasil dari kedua penelitian ini sangat terdapat perbedaan karena beberapa faktor antara lain: berat kendaraan saat terisi penuh dan dimensi kendaraan yang membuat hasilnya sangat berbeda. Namun dengan menggunakan metode yang sama didapatkan hasil seperti pada tabel 4.19.

Keunggulan dari bus *double deck* selain dapat mengangkut banyak penumpang juga kendaraan ini tidak mengalami *skid* jika

batas kecepatan maksimum *skid* lebih dari 120 km/jam, oleh karena itu kendaraan ini baik untuk digunakan perjalanan antar kota atau jarak jauh. Selain itu, pemakaian jalan lebih hemat dibandingkan dengan bus gandeng. Namun pada kondisi tertentu, pengemudi dihibau untuk lebih berhati-hati karena dapat membahayakan penumpang jika kendaraan mengalami kondisi *skid* maupun akan guling. Kekurangan dari bus *double deck* ini adalah panjangnya kendaraan sebesar 13,5 meter membuat pengemudi kurang leluasa dalam mengoperasikan kendaraan sehingga ketika dalam kondisi berbahaya akan membuat pengemudi sulit untuk mengendalikan kendaraan ini, selain itu juga kendaraan ini tidak bisa melalui semua jalan karena keterbatasan tinggi dan kelandaian jalan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa stabilitas arah yang dilakukan pada kendaraan bus *double deck* dengan variasi kecepatan, sudut belok, sudut kemiringan jalan, dan koefisien gesek dengan menggunakan analisa slip, analisa skid, dan analisa guling serta memperhatikan nilai koefisien understeer dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Stabilitas arah paling baik untuk kendaraan bus *double deck* ketika kendaraan pada kondisi 4 karena kendaraan memiliki nilai koefisien *understeer* yang kecil yaitu +7,6869 dan mengalami kondisi *oversteer* yang rendah yaitu -6,993.
2. a) Sudut *slip* pada kelima kondisi saat kendaraan melaju dengan kecepatan 50 km/jam di jalan datar berturut-turut: 23,73° dan 47,14°, 21,71° dan 43,59°, 18,52° dan 39,10°, 23,57° dan 41,23°, 18,30° dan 45,07°.
b) Semakin besar sudut belok maka sudut *slip* akan semakin besar. Pada kondisi 4 (Ekstrim Depan) nilai sudut *slip* depan dan belakang terbesar terdapat pada sudut belok (δ_f) sebesar 35° yaitu 23,57° dan 41,23°. Sedangkan sudut *slip* terkecil terdapat pada sudut belok sebesar 5° yaitu 1,97° dan 0,91°.
c) Semakin besar sudut kemiringan melintang jalan, maka sudut *slip* akan semakin kecil.
d) Semakin besar kecepatan belok kendaraan, maka sudut *slip* akan semakin besar.
3. a) Batas kecepatan maksimum tidak mengalami *skid* roda depan (V_{sf}) dan belakang (V_{sr}) pada variasi kondisi saat kendaraan melaju dengan kecepatan 50 km/jam dengan sudut belok 5° di jalan datar aspal kering berturut-turut: 111,80 km/jam dan 112,41 km/jam, 109,99 km/jam dan

110,63 km/jam, 109,17 km/jam dan 109,72 km/jam, 112,75 km/jam dan 113,49 km/jam, 107,92 km/jam dan 108,31 km/jam.

- b) Semakin besar koefisien gesek, maka batas kecepatan maksimum tidak mengalami *skid* akan semakin besar.
 - c) Semakin besar sudut belok, maka batas kecepatan maksimum tidak mengalami *skid* akan semakin kecil.
 - d) Semakin besar sudut kemiringan melintang jalan yang dilalui kendaraan maka batas kecepatan kendaraan tidak mengalami *skid* semakin besar.
4. a) Batas kecepatan maksimum tidak mengalami guling roda depan (V_{gf}) dan belakang (V_{gr}) pada variasi kondisi saat kendaraan melaju dengan kecepatan 50 km/jam berturut-turut: 163,41 km/jam dan 266,36 km/jam, 218,68 km/jam dan 262,59 km/jam, 218,78 km/jam dan 260,28 km/jam, 223,49 km/jam dan 266,93 km/jam, 218,54 km/jam dan 259,02 km/jam.
- b) Semakin besar sudut belok, maka kecepatan maksimum agar kendaraan tidak guling roda depan (V_{gf}) dan belakang (V_{gr}) akan semakin menurun.
 - c) Semakin besar sudut kemiringan melintang (θ) maka kecepatan maksimum agar kendaraan tidak guling akan semakin meningkat.
5. Berdasarkan analisa *slip*, *skid*, dan guling kendaraan bus *double deck* ini cenderung mengalami kondisi *understeer* karena sudut *slip* roda depan (α_f) > sudut *slip* roda belakang (α_r), batas kecepatan *skid* roda depan (V_{sf}) < roda belakang (V_{sr}), dan batas kecepatan guling roda depan (V_{gf}) < roda belakang (V_{gr}).

5.2 Saran

Dari hasil analisa yang telah dilakukan terdapat beberapa saran dan rekomendasi sebagai bahan rujukan untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran tersebut antara lain:

1. Sebaiknya melakukan kerjasama dengan pihak Karoseri dan ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merek) agar data-data yang diperlukan dalam penelitian lebih lengkap.
2. Sebaiknya perlu dilakukan simulasi untuk mencari sudut guling kendaraan yang terjadi ketika kendaraan berbelok sehingga hasilnya bisa digunakan untuk validasi.
3. Sebaiknya Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Raya dalam melakukan uji teknis dan laik jalan kendaraan bermotor juga memperhitungkan uji kestabilan kendaraan agar kendaraan-kendaraan yang sudah laik jalan juga memiliki kestabilan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriansyah, D. 2016. **Analisis Pengaruh Operasional dan Penggunaan *Stabilizer* terhadap Perilaku Arah Belok Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4X4).** Surabaya: ITS
- [2] Badan Pusat Statistik, 2018. **Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1949-2016.** <URL: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>>
- [3] Harsyawina, A.R., 2017. **Analisis Stabilitas Kendaraan dan Kekuatan Pengait Bak Angkut Kendaraan Multiguna Pedesaan.** Surabaya: ITS
- [4] Katadata, 2018. **Berapa Jumlah Penduduk Indonesia.** <URL: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/01/12/berapa-jumlah-penduduk-indonesia>>
- [5] Komisi Nasional Keselamatan Transportasi, 2016. **Data Investigasi Kecelakaan LLAJ Tahun 2010-2016.** <URL : <http://knkt.dephub.go.id/>>
- [6] Direktorat Jenderal Bina Marga, 2004. **Standar Geometri Jalan Perkotaan.** Jakarta: Badan Standarisasi Indonesia
- [7] Mercedes-Benz, 2016. **Chassis OC 500 RF 2524.** <URL: <https://www.mercedes-benz.co.id>>
- [8] Rahman, F., 2017. **Analisis Stabilitas Arah Mobil Toyota Agya dengan Variasi Jumlah Penumpang, Kecepatan Belok, Sudut Belok dan Kemiringan Melintang Jalan.** Surabaya: ITS

- [9] Rayendra, 2015. **Layout OC 500 RF 2542**. Malang: Adiputro
- [10] Sutantra, I. N & Sampurno, B., 2010. **Teknologi Konstruksi Otomotif, Edisi Kedua**. Surabaya: Guna Widya
- [11] Taborek, J., 1957. **Mechanics of Vehicles**. Cleaveland: Towmotor Corp

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Tabel A.1 Hasil Perhitungan Kus Bus *Double Deck* pada Kondisi 1 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB |
|--------|------------|----------|---------|---------|-----|--------|------------|----------|----------|---------|-----|--------|------------|----------|---------|---------|-----|
| [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | |
| 20 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 35 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 50 | 5 | 0 | 110.076 | 5.5557 | US |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 48.6768 | 4.7363 | US | | 10 | | 35.8671 | -4.1936 | OS |
| | 15 | | 29.4089 | 0 | N | | 15 | | 27.8352 | -2.4498 | OS | | 15 | | 21.2236 | -6.2439 | OS |
| | 20 | | 22.2103 | 0.9765 | US | | 20 | | 19.4033 | -5.5077 | OS | | 20 | | 14.8996 | -7.2794 | OS |
| | 25 | | 18.2488 | 4.7956 | US | | 25 | | 14.8128 | -7.3495 | OS | | 25 | | 11.3699 | -7.9784 | OS |
| | 30 | | 14.9842 | 2.6675 | US | | 30 | | 11.9204 | -8.6683 | OS | | 30 | | 9.119 | -8.5214 | OS |
| 25 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 40 | 5 | 0 | 93.7747 | 2.2043 | US | 50 | 35 | 0 | 7.5602 | -89.773 | OS |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 43.8876 | -0.1793 | OS | | | | | | |
| | 15 | | 30.8916 | 4.5243 | US | | 15 | | 25.4685 | -4.6966 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 22.7857 | 2.9661 | US | | 20 | | 17.8103 | -6.7484 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 17.3421 | -1.5418 | OS | | 25 | | 13.5984 | -8.0393 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 13.9673 | -4.4983 | OS | | 30 | | 10.9316 | -8.9939 | OS | | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 45 | 5 | 0 | 9.0914 | -9.7684 | OS | | | | | | |
| | 10 | | 47.0805 | 4.1916 | US | | 10 | | 113.0974 | 7.8075 | US | | | | | | |
| | 15 | | 30.3683 | 2.0329 | US | | 15 | | 39.6512 | -2.8015 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 21.0644 | -2.8034 | OS | | 20 | | 23.2627 | -5.7882 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 16.068 | -5.5706 | OS | | 25 | | 16.3041 | -7.2234 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 12.9404 | -7.4757 | OS | | 30 | | 12.446 | -8.1609 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 10.7958 | -8.9392 | OS | | 35 | | 9.9935 | -8.8731 | OS | | | | | | |
| | | | | | | | | | 8.2979 | -9.462 | OS | | | | | | |

Keterangan:

Rn = Radius Nyata

Kus = Koefisien *Understeer*

PAB = Perilaku Arah Belok

US = Understeer

OS = Oversteer

N = Netral

Tabel A.2 Hasil Perhitungan Kus Bus *Double Deck* pada Kondisi 2 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB |
|--------|-----|-----|---------|---------|-----|--------|-----|-----|----------|---------|-----|--------|-----|-----|----------|---------|-----|
| [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | |
| 20 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 35 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 50 | 5 | 0 | 107.0872 | 4.7958 | US |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 48.0347 | 4.0698 | US | | 10 | | 36.2911 | -3.978 | OS |
| | 15 | | 29.4089 | 0 | N | | 15 | | 27.853 | -2.4222 | OS | | 15 | | 21.6389 | -5.9271 | OS |
| | 20 | | 22.2401 | 1.1659 | US | | 20 | | 19.524 | -5.2571 | OS | | 20 | | 15.2412 | -6.932 | OS |
| | 25 | | 18.2238 | 4.597 | US | | 25 | | 14.9506 | -6.9919 | OS | | 25 | | 11.652 | -7.6198 | OS |
| | 30 | | 14.9164 | 2.0207 | US | | 30 | | 12.055 | -8.2491 | OS | | 30 | | 9.3562 | -8.1596 | OS |
| | 35 | | 12.4851 | -1.3201 | OS | | 35 | | 10.0561 | -9.2547 | OS | | 35 | | 7.763 | -8.6162 | OS |
| 25 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 40 | 5 | 0 | 94.2471 | 2.392 | US | | | | | | |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 43.7146 | -0.3168 | OS | | | | | | |
| | 15 | | 30.8536 | 4.4083 | US | | 15 | | 25.6558 | -4.4733 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 22.6463 | 2.3989 | US | | 20 | | 18.0255 | -6.4064 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 17.3092 | -1.7091 | OS | | 25 | | 13.7987 | -7.6414 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 13.9774 | -4.4365 | OS | | 30 | | 11.1114 | -8.5653 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 11.6949 | -6.4711 | OS | | 35 | | 9.252 | -9.3218 | OS | | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 45 | 5 | 0 | 111.9673 | 7.4527 | US | | | | | | |
| | 10 | | 47.0452 | 4.1417 | US | | 10 | | 39.8232 | -2.6935 | OS | | | | | | |
| | 15 | | 30.1709 | 1.6146 | US | | 15 | | 23.5808 | -5.4887 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 21.0676 | -2.7943 | OS | | 20 | | 16.5922 | -6.8616 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 16.128 | -5.3587 | OS | | 25 | | 12.6939 | -7.7717 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 13.0183 | -7.1459 | OS | | 30 | | 10.2072 | -8.4707 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 10.878 | -8.5326 | OS | | 35 | | 8.4837 | -9.0536 | OS | | | | | | |

Tabel A.3 Hasil Perhitungan Kus Bus *Double Deck* pada Kondisi 3 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB |
|--------|------------|----------|---------|---------|-----|--------|------------|----------|----------|---------|-----|--------|------------|----------|----------|---------|-----|
| [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | |
| 20 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 35 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 50 | 5 | 0 | 104.8554 | 4.2283 | US |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 47.4954 | 3.5102 | US | | 10 | | 36.6714 | -3.7846 | OS |
| | 15 | | 29.4089 | 0 | N | | 15 | | 27.8615 | -2.4089 | OS | | 15 | | 22.0009 | -5.651 | OS |
| | 20 | | 22.223 | 1.0576 | US | | 20 | | 19.6196 | -5.0585 | OS | | 20 | | 15.5375 | -6.6307 | OS |
| | 25 | | 18.1415 | 3.9428 | US | | 25 | | 15.0613 | -6.7046 | OS | | 25 | | 11.896 | -7.3095 | OS |
| | 30 | | 14.8486 | 1.3743 | US | | 30 | | 12.1635 | -7.9113 | OS | | 30 | | 9.5609 | -7.8473 | OS |
| | 35 | | 12.4505 | -1.7059 | OS | | 35 | | 10.1577 | -8.8854 | OS | | 35 | | 7.9376 | -8.3056 | OS |
| 25 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 40 | 5 | 0 | 94.0181 | 2.301 | US | | | | | | |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 43.5751 | -0.4276 | OS | | | | | | |
| | 15 | | 30.6823 | 3.8857 | US | | 15 | | 25.8122 | -4.2869 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 22.5163 | 1.8699 | US | | 20 | | 18.2047 | -6.1215 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 17.2716 | -1.9007 | OS | | 25 | | 13.9655 | -7.3101 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 13.9774 | -4.4368 | OS | | 30 | | 11.2608 | -8.209 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 11.7121 | -6.3487 | OS | | 35 | | 9.3852 | -8.9515 | OS | | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 45 | 5 | 0 | 109.0157 | 6.5261 | US | | | | | | |
| | 10 | | 46.7419 | 3.7133 | US | | 10 | | 39.9815 | -2.5941 | OS | | | | | | |
| | 15 | | 29.9937 | 1.2392 | US | | 15 | | 23.8535 | -5.2318 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 21.0612 | -2.8125 | OS | | 20 | | 16.8378 | -6.5532 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 16.1706 | -5.208 | OS | | 25 | | 12.9048 | -7.4407 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 13.0768 | -6.8979 | OS | | 30 | | 10.3885 | -8.1292 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 10.9408 | -8.2222 | OS | | 35 | | 8.641 | -8.708 | OS | | | | | | |

Tabel A.4 Hasil Perhitungan Kus Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB |
|--------|-----|-----|---------|---------|-----|--------|-----|-----|----------|---------|-----|--------|-----|-----|----------|---------|-----|
| [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | |
| 20 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 35 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 50 | 5 | 0 | 111.9926 | 6.0431 | US |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 48.8154 | 4.8801 | US | | 10 | | 39.4038 | -2.395 | OS |
| | 15 | | 29.4089 | 0 | N | | 15 | | 28.7793 | -0.98 | OS | | 15 | | 23.6073 | -4.4256 | OS |
| | 20 | | 22.1893 | 0.843 | US | | 20 | | 20.2927 | -3.6614 | OS | | 20 | | 16.6142 | -5.5355 | OS |
| | 25 | | 18.2318 | 4.6603 | US | | 25 | | 15.5736 | -5.3755 | OS | | 25 | | 12.6675 | -6.3287 | OS |
| | 30 | | 14.9499 | 2.341 | US | | 30 | | 12.5634 | -6.6661 | OS | | 30 | | 10.1358 | -6.9701 | OS |
| | 35 | | 12.5414 | -0.6938 | OS | | 35 | | 10.4753 | -7.7318 | OS | | 35 | | 8.3769 | -7.5236 | OS |
| 25 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 40 | 5 | 0 | 93.7294 | 2.1863 | US | | | | | | |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 45.4461 | 1.059 | US | | | | | | |
| | 15 | | 30.8691 | 4.4556 | US | | 15 | | 27.0087 | -2.8608 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 22.7964 | 3.0096 | US | | 20 | | 19.0458 | -4.7849 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 17.5109 | -0.6835 | OS | | 25 | | 14.5885 | -6.0724 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 14.1794 | -3.2041 | OS | | 30 | | 11.7376 | -7.0724 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 11.8821 | -5.1385 | OS | | 35 | | 9.7578 | -7.9151 | OS | | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 45 | 5 | 0 | 113.2947 | 7.8694 | US | | | | | | |
| | 10 | | 47.055 | 4.1556 | US | | 10 | | 42.3312 | -1.1189 | OS | | | | | | |
| | 15 | | 30.6037 | 2.5317 | US | | 15 | | 25.2814 | -3.8871 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 21.541 | -1.4567 | OS | | 20 | | 17.814 | -5.3275 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 16.5516 | -3.8626 | OS | | 25 | | 13.6143 | -6.3271 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 13.383 | -5.6002 | OS | | 30 | | 10.9234 | -7.1216 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 11.1895 | -6.9927 | OS | | 35 | | 9.0539 | -7.8006 | OS | | | | | | |

Tabel A.5 Hasil Perhitungan Kus Bus *Double Deck* pada Kondisi 5 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB | V | δf | θ | Rn | Kus | PAB |
|--------|------------|----------|---------|----------|-----|--------|------------|----------|----------|----------|-----|--------|------------|----------|----------|---------|-----|
| [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | | [km/h] | [°] | [°] | [m] | | |
| 20 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 35 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 50 | 5 | 0 | 102.3123 | 3.5816 | US |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 47.2285 | 3.2332 | US | | 10 | | 33.2051 | -5.5474 | OS |
| | 15 | | 29.4089 | 0 | N | | 15 | | 26.8481 | -3.9866 | OS | | 15 | | 19.6915 | -7.4127 | OS |
| | 20 | | 22.2525 | 1.245 | US | | 20 | | 18.6899 | -6.9885 | OS | | 20 | | 13.8785 | -8.318 | OS |
| | 25 | | 18.155 | 4.0501 | US | | 25 | | 14.2746 | -8.7457 | OS | | 25 | | 10.6386 | -8.9082 | OS |
| | 30 | | 14.8802 | 1.6756 | US | | 30 | | 11.5027 | -9.9688 | OS | | 30 | | 8.5728 | -9.3547 | OS |
| | 35 | | 12.4204 | -2.0406 | OS | | 35 | | 9.5995 | -10.9132 | OS | | 35 | | 7.1414 | -9.7227 | OS |
| 25 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 40 | 5 | 0 | 94.0699 | 2.3216 | US | | | | | | |
| | 10 | | 44.1133 | 0 | N | | 10 | | 41.8865 | -1.7694 | OS | | | | | | |
| | 15 | | 30.694 | 3.9214 | US | | 15 | | 24.2282 | -6.1749 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 22.4846 | 1.7412 | US | | 20 | | 16.9504 | -8.1149 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 17.0819 | -2.8653 | OS | | 25 | | 12.9659 | -9.2959 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 13.7476 | -5.8392 | OS | | 30 | | 10.4492 | -10.1438 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 11.4809 | -7.9944 | OS | | 35 | | 8.715 | -10.8152 | OS | | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 88.2266 | 0 | N | 45 | 5 | 0 | 108.4149 | 6.3375 | US | | | | | | |
| | 10 | | 46.7444 | 3.7169 | US | | 10 | | 37.2485 | -4.31 | OS | | | | | | |
| | 15 | | 29.7017 | 0.6205 | US | | 15 | | 21.843 | -7.1252 | OS | | | | | | |
| | 20 | | 20.5421 | -4.2791 | OS | | 20 | | 15.3434 | -8.4297 | OS | | | | | | |
| | 25 | | 15.6563 | -7.0245 | OS | | 25 | | 11.7504 | -9.2527 | OS | | | | | | |
| | 30 | | 12.6116 | -8.8695 | OS | | 30 | | 9.4694 | -9.8602 | OS | | | | | | |
| | 35 | | 10.5301 | -10.2531 | OS | | 35 | | 7.893 | -10.3517 | OS | | | | | | |

Tabel A.6 Hasil Perhitungan Sudut *Slip* Ban Kendaraan Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | αf | αr | V | δf | θ | αf | αr | V | δf | θ | αf | αr |
|--------|------------|----------|------------|------------|--------|------------|----------|------------|------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| [km/h] | [°] | [°] | [°] | [°] | [km/h] | [°] | [°] | [°] | [°] | [km/h] | [°] | [°] | [°] | [°] |
| 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 35 | 5 | 0 | 0 | 0 | 50 | 5 | 0 | 1.969 | 0.9079 |
| | 10 | | 0 | 0 | | 10 | | 1.8172 | 0.854 | | 10 | | 6.0937 | 7.2889 |
| | 15 | | 0 | 0 | | 15 | | 3.8487 | 4.1769 | | 15 | | 9.9373 | 13.624 |
| | 20 | | 0.1195 | 0 | | 20 | | 5.754 | 7.4925 | | 20 | | 13.596 | 20.148 |
| | 25 | | 0.8042 | 0 | | 25 | | 7.5607 | 10.886 | | 25 | | 17.089 | 26.913 |
| | 30 | | 1.4331 | 0.9404 | | 30 | | 9.2747 | 14.387 | | 30 | | 20.415 | 33.937 |
| | 35 | | 2.015 | 2.1891 | | 35 | | 10.895 | 18.007 | | 35 | | 23.568 | 41.229 |
| 25 | 5 | 0 | 0 | 0 | 40 | 5 | 0 | 0.2935 | 0 | | | | | |
| | 10 | | 0 | 0 | | 10 | | 3.1198 | 2.8266 | | | | | |
| | 15 | | 0.7096 | 0 | | 15 | | 5.6879 | 7.0209 | | | | | |
| | 20 | | 1.7742 | 1.1252 | | 20 | | 8.1153 | 11.277 | | | | | |
| | 25 | | 2.7625 | 2.9544 | | 25 | | 10.425 | 15.663 | | | | | |
| | 30 | | 3.6891 | 4.8 | | 30 | | 12.621 | 20.204 | | | | | |
| | 35 | | 4.5581 | 6.6841 | | 35 | | 14.699 | 24.907 | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 0 | 0 | 45 | 5 | 0 | 1.1063 | 0 | | | | | |
| | 10 | | 0.6252 | 0 | | 10 | | 4.5437 | 4.9647 | | | | | |
| | 15 | | 2.1941 | 1.6085 | | 15 | | 7.7169 | 10.166 | | | | | |
| | 20 | | 3.6432 | 4.1219 | | 20 | | 10.729 | 15.493 | | | | | |
| | 25 | | 5.0082 | 6.6602 | | 25 | | 13.601 | 21.004 | | | | | |
| | 30 | | 6.2983 | 9.2605 | | 30 | | 16.335 | 26.719 | | | | | |
| | 35 | | 7.5148 | 11.939 | | 35 | | 18.925 | 32.647 | | | | | |

Tabel A.7 Hasil Perhitungan Sudut *Slip* Ban Kendaraan Bus *Double Deck* pada Kondisi 4 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | αf | αr | V | δf | θ | αf | αr | V | δf | θ | αf | αr |
|--------|------------|----------|------------|------------|--------|------------|----------|------------|------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| [km/h] | [°] | [°] | [°] | [°] | [km/h] | [°] | [°] | [°] | [°] | [km/h] | [°] | [°] | [°] | [°] |
| 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 35 | 5 | 0 | 0 | 0 | 50 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | | 0 | 0 | | 10 | | 0 | 0 | | 10 | | 3.1595 | 3.5294 |
| | 15 | | 0 | 0 | | 15 | | 1.0005 | 0.37 | | 15 | | 6.6646 | 9.5695 |
| | 20 | | 0 | 0 | | 20 | | 2.774 | 3.6496 | | 20 | | 9.9435 | 15.714 |
| | 25 | | 0 | 0 | | 25 | | 4.4117 | 6.9103 | | 25 | | 13.038 | 22.067 |
| | 30 | | 0 | 0 | | 30 | | 5.941 | 10.239 | | 30 | | 15.955 | 28.66 |
| | 35 | | 0 | 0 | | 35 | | 7.3681 | 13.666 | | 35 | | 18.692 | 35.507 |
| 25 | 5 | 0 | 0 | 0 | 40 | 5 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | 10 | | 0 | 0 | | 10 | | 0.3141 | 0 | | | | | |
| | 15 | | 0 | 0 | | 15 | | 2.7438 | 3.2292 | | | | | |
| | 20 | | 0 | 0 | | 20 | | 4.9554 | 7.3132 | | | | | |
| | 25 | | 0 | 0 | | 25 | | 7.0242 | 11.47 | | | | | |
| | 30 | | 0.7903 | 0.8087 | | 30 | | 8.9666 | 15.754 | | | | | |
| | 35 | | 1.5925 | 2.6919 | | 35 | | 10.784 | 20.187 | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 0 | 0 | 45 | 5 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | 10 | | 0 | 0 | | 10 | | 1.6972 | 1.2313 | | | | | |
| | 15 | | 0 | 0 | | 15 | | 4.6268 | 6.2757 | | | | | |
| | 20 | | 0.7791 | 0.24 | | 20 | | 7.3431 | 11.323 | | | | | |
| | 25 | | 2.051 | 2.7772 | | 25 | | 9.8987 | 16.514 | | | | | |
| | 30 | | 3.2225 | 5.3005 | | 30 | | 12.305 | 21.889 | | | | | |
| | 35 | | 4.3082 | 7.8673 | | 35 | | 14.56 | 27.463 | | | | | |

Tabel A.8 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 1 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 0 | 100.4 | 100.54 | US | 88.54 | 88.66 | US | 74.83 | 74.93 | US |
| | 10 | | 70.63 | 71.31 | US | 62.29 | 62.89 | US | 52.64 | 53.15 | US |
| | 15 | | 58.59 | 59.98 | US | 51.67 | 52.9 | US | 43.67 | 44.71 | US |
| | 20 | | 49.68 | 51.88 | US | 43.82 | 45.75 | US | 37.03 | 38.67 | US |
| | 25 | | 42.62 | 45.67 | US | 37.59 | 40.28 | US | 31.77 | 34.04 | US |
| | 30 | | 37.44 | 41.44 | US | 33.02 | 36.55 | US | 27.9 | 30.89 | US |
| | 35 | | 33.31 | 38.36 | US | 29.37 | 33.83 | US | 24.83 | 28.59 | US |
| 30 | 5 | | 100.36 | 100.55 | US | 88.51 | 88.68 | US | 74.8 | 74.95 | US |
| | 10 | | 72.75 | 73.76 | US | 64.16 | 65.05 | US | 54.22 | 54.98 | US |
| | 15 | | 57.66 | 59.65 | US | 50.85 | 52.61 | US | 42.97 | 44.46 | US |
| | 20 | | 47.11 | 50.16 | US | 41.54 | 44.24 | US | 35.11 | 37.39 | US |
| | 25 | | 40.09 | 44.34 | US | 35.36 | 39.11 | US | 29.88 | 33.05 | US |
| | 30 | | 34.78 | 40.38 | US | 30.67 | 35.61 | US | 25.92 | 30.1 | US |
| | 35 | | 30.41 | 37.51 | US | 26.82 | 33.08 | US | 22.67 | 27.96 | US |
| 35 | 5 | | 100.31 | 100.58 | US | 88.47 | 88.7 | US | 74.77 | 74.96 | US |
| | 10 | | 73.7 | 75.11 | US | 65 | 66.24 | US | 54.94 | 55.98 | US |
| | 15 | | 54.71 | 57.31 | US | 48.25 | 50.55 | US | 40.78 | 42.72 | US |
| | 20 | | 44.45 | 48.45 | US | 39.2 | 42.73 | US | 33.13 | 36.11 | US |
| | 25 | | 37.4 | 43.01 | US | 32.98 | 37.93 | US | 27.88 | 32.05 | US |
| | 30 | | 31.9 | 39.31 | US | 28.13 | 34.67 | US | 23.78 | 29.3 | US |
| | 35 | | 27.21 | 36.66 | US | 23.99 | 32.33 | US | 20.28 | 27.32 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|
| | | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 0 | 103.36 | 103.72 | US | 91.15 | 91.47 | US | 77.04 | 77.31 | US |
| | 10 | | 69.69 | 71.44 | US | 61.46 | 63 | US | 51.94 | 53.25 | US |
| | 15 | | 51.78 | 55.05 | US | 45.67 | 48.55 | US | 38.6 | 41.03 | US |
| | 20 | | 41.72 | 46.76 | US | 36.8 | 41.24 | US | 31.1 | 34.86 | US |
| | 25 | | 34.59 | 41.68 | US | 30.51 | 36.75 | US | 25.78 | 31.06 | US |
| | 30 | | 28.82 | 38.25 | US | 25.42 | 33.73 | US | 21.48 | 28.51 | US |
| | 35 | | 23.68 | 35.81 | US | 20.89 | 31.58 | US | 17.65 | 26.69 | US |
| 45 | 5 | | 113.42 | 113.92 | US | 100.03 | 100.47 | US | 84.54 | 84.91 | US |
| | 10 | | 65.92 | 68.03 | US | 58.14 | 59.99 | US | 49.14 | 50.7 | US |
| | 15 | | 48.89 | 52.85 | US | 43.12 | 46.61 | US | 36.44 | 39.39 | US |
| | 20 | | 38.97 | 45.11 | US | 34.37 | 39.79 | US | 29.04 | 33.63 | US |
| | 25 | | 31.69 | 40.37 | US | 27.95 | 35.61 | US | 23.62 | 30.09 | US |
| | 30 | | 25.56 | 37.21 | US | 22.54 | 32.82 | US | 19.05 | 27.73 | US |
| | 35 | | 19.78 | 34.99 | US | 17.44 | 30.86 | US | 14.74 | 26.08 | US |
| 50 | 5 | | 111.8 | 112.41 | US | 98.6 | 99.13 | US | 83.33 | 83.78 | US |
| | 10 | | 62.36 | 64.84 | US | 55 | 57.18 | US | 46.48 | 48.33 | US |
| | 15 | | 46.05 | 50.74 | US | 40.61 | 44.75 | US | 34.33 | 37.82 | US |
| | 20 | | 36.21 | 43.52 | US | 31.93 | 38.38 | US | 26.99 | 32.44 | US |
| | 25 | | 28.72 | 39.12 | US | 25.33 | 34.5 | US | 21.41 | 29.16 | US |
| | 30 | | 22.1 | 36.22 | US | 19.49 | 31.94 | US | 16.47 | 27 | US |
| | 35 | | 15.28 | 34.22 | US | 13.47 | 30.18 | US | 11.39 | 25.5 | US |

Tabel A.9 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 1 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|----|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| | | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 5,7 | 158.28 | 233.34 | US | 140.48 | 206.39 | US | 120.06 | 175.35 | US |
| | 10 | | 111.31 | 164.58 | US | 98.8 | 145.58 | US | 84.45 | 123.68 | US |
| | 15 | | 90.04 | 133.82 | US | 79.93 | 118.37 | US | 68.34 | 100.57 | US |
| | 20 | | 76.95 | 115.2 | US | 68.33 | 101.9 | US | 58.44 | 86.59 | US |
| | 25 | | 67.63 | 102.24 | US | 60.07 | 90.45 | US | 51.4 | 76.86 | US |
| | 30 | | 60.35 | 92.39 | US | 53.61 | 81.74 | US | 45.9 | 69.47 | US |
| | 35 | | 53.36 | 83.02 | US | 47.43 | 73.46 | US | 40.64 | 62.44 | US |
| 30 | 5 | | 158.21 | 233.3 | US | 140.42 | 206.35 | US | 120.02 | 175.32 | US |
| | 10 | | 110.99 | 164.37 | US | 98.52 | 145.39 | US | 84.22 | 123.53 | US |
| | 15 | | 89.41 | 133.39 | US | 79.38 | 117.99 | US | 67.88 | 100.26 | US |
| | 20 | | 77.29 | 116.57 | US | 68.64 | 103.12 | US | 58.73 | 87.63 | US |
| | 25 | | 64.79 | 99.18 | US | 57.56 | 87.74 | US | 49.28 | 74.57 | US |
| | 30 | | 55.87 | 87.23 | US | 49.66 | 77.18 | US | 42.56 | 65.61 | US |
| | 35 | | 48.67 | 78.01 | US | 43.3 | 69.03 | US | 37.15 | 58.69 | US |
| 35 | 5 | | 158.14 | 233.25 | US | 140.36 | 206.31 | US | 119.96 | 175.28 | US |
| | 10 | | 110.62 | 164.12 | US | 98.19 | 145.17 | US | 83.95 | 123.34 | US |
| | 15 | | 90.42 | 135.53 | US | 80.29 | 119.89 | US | 68.67 | 101.87 | US |
| | 20 | | 72.21 | 109.9 | US | 64.14 | 97.23 | US | 54.9 | 82.63 | US |
| | 25 | | 60.3 | 93.77 | US | 53.59 | 82.96 | US | 45.91 | 70.52 | US |
| | 30 | | 51.22 | 82.07 | US | 45.56 | 72.62 | US | 39.09 | 61.74 | US |
| | 35 | | 43.63 | 72.85 | US | 38.86 | 64.48 | US | 33.41 | 54.84 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 5,7 | 158.05 | 233.19 | US | 140.28 | 206.26 | US | 119.9 | 175.24 | US |
| | 10 | | 111.43 | 165.68 | US | 98.92 | 146.55 | US | 84.58 | 124.52 | US |
| | 15 | | 84.96 | 128.06 | US | 75.45 | 113.28 | US | 64.54 | 96.26 | US |
| | 20 | | 67.59 | 104.02 | US | 60.05 | 92.02 | US | 51.42 | 78.21 | US |
| | 25 | | 55.73 | 88.41 | US | 49.55 | 78.22 | US | 42.49 | 66.5 | US |
| | 30 | | 46.35 | 76.84 | US | 41.27 | 68.01 | US | 35.47 | 57.84 | US |
| | 35 | | 38.17 | 67.56 | US | 34.06 | 59.81 | US | 29.38 | 50.88 | US |
| 45 | 5 | | 157.96 | 233.13 | US | 140.2 | 206.2 | US | 119.83 | 175.19 | US |
| | 10 | | 110.96 | 165.38 | US | 98.5 | 146.29 | US | 84.23 | 124.3 | US |
| | 15 | | 79.86 | 121.15 | US | 70.93 | 107.18 | US | 60.7 | 91.08 | US |
| | 20 | | 63.02 | 98.3 | US | 56.02 | 86.97 | US | 48 | 73.93 | US |
| | 25 | | 51.08 | 83.09 | US | 45.45 | 73.53 | US | 39.03 | 62.52 | US |
| | 30 | | 41.26 | 71.6 | US | 36.79 | 63.37 | US | 31.69 | 53.91 | US |
| | 35 | | 32.2 | 62.18 | US | 28.83 | 55.06 | US | 25 | 46.87 | US |
| 50 | 5 | | 157.85 | 233.05 | US | 140.1 | 206.14 | US | 119.75 | 175.13 | US |
| | 10 | | 104 | 155.44 | US | 92.33 | 137.5 | US | 78.96 | 116.83 | US |
| | 15 | | 75 | 114.63 | US | 66.62 | 101.41 | US | 57.03 | 86.19 | US |
| | 20 | | 58.52 | 92.74 | US | 52.03 | 82.06 | US | 44.62 | 69.76 | US |
| | 25 | | 46.37 | 77.85 | US | 41.3 | 68.9 | US | 35.52 | 58.6 | US |
| | 30 | | 35.89 | 66.37 | US | 32.07 | 58.76 | US | 27.73 | 50.01 | US |
| | 35 | | 25.47 | 56.76 | US | 22.95 | 50.28 | US | 20.12 | 42.83 | US |

Tabel A.10 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 2 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|
| | | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 0 | 100.4 | 100.54 | US | 88.54 | 88.67 | US | 74.83 | 74.94 | US |
| | 10 | | 70.59 | 71.35 | US | 62.25 | 62.93 | US | 52.61 | 53.18 | US |
| | 15 | | 58.61 | 60.18 | US | 51.69 | 53.08 | US | 43.69 | 44.86 | US |
| | 20 | | 49.35 | 51.81 | US | 43.52 | 45.69 | US | 36.78 | 38.61 | US |
| | 25 | | 42.39 | 45.82 | US | 37.38 | 40.41 | US | 31.59 | 34.15 | US |
| | 30 | | 37.21 | 41.72 | US | 32.81 | 36.79 | US | 27.73 | 31.1 | US |
| | 35 | | 33.03 | 38.74 | US | 29.13 | 34.17 | US | 24.62 | 28.88 | US |
| 30 | 5 | | 100.36 | 100.56 | US | 88.51 | 88.69 | US | 74.8 | 74.96 | US |
| | 10 | | 72.92 | 74.06 | US | 64.31 | 65.31 | US | 54.35 | 55.2 | US |
| | 15 | | 57.31 | 59.54 | US | 50.54 | 52.51 | US | 42.72 | 44.38 | US |
| | 20 | | 46.96 | 50.4 | US | 41.41 | 44.45 | US | 35 | 37.56 | US |
| | 25 | | 39.95 | 44.76 | US | 35.23 | 39.47 | US | 29.77 | 33.36 | US |
| | 30 | | 34.56 | 40.91 | US | 30.48 | 36.08 | US | 25.76 | 30.5 | US |
| | 35 | | 30.07 | 38.14 | US | 26.52 | 33.64 | US | 22.42 | 28.43 | US |
| 35 | 5 | | 100.31 | 100.59 | US | 88.46 | 88.71 | US | 74.76 | 74.97 | US |
| | 10 | | 73.02 | 74.58 | US | 64.39 | 65.77 | US | 54.42 | 55.59 | US |
| | 15 | | 54.66 | 57.59 | US | 48.2 | 50.79 | US | 40.74 | 42.93 | US |
| | 20 | | 44.45 | 48.99 | US | 39.2 | 43.2 | US | 33.13 | 36.51 | US |
| | 25 | | 37.31 | 43.68 | US | 32.91 | 38.52 | US | 27.81 | 32.56 | US |
| | 30 | | 31.64 | 40.09 | US | 27.91 | 35.36 | US | 23.59 | 29.88 | US |
| | 35 | | 26.72 | 37.53 | US | 23.57 | 33.1 | US | 19.92 | 27.98 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 0 | 104.12 | 104.51 | US | 91.83 | 92.17 | US | 77.61 | 77.9 | US |
| | 10 | | 69.55 | 71.5 | US | 61.34 | 63.06 | US | 51.84 | 53.3 | US |
| | 15 | | 51.98 | 55.67 | US | 45.84 | 49.1 | US | 38.74 | 41.5 | US |
| | 20 | | 41.84 | 47.58 | US | 36.9 | 41.96 | US | 31.18 | 35.46 | US |
| | 25 | | 34.51 | 42.6 | US | 30.43 | 37.57 | US | 25.72 | 31.75 | US |
| | 30 | | 28.46 | 39.27 | US | 25.1 | 34.63 | US | 21.21 | 29.27 | US |
| | 35 | | 22.95 | 36.93 | US | 20.24 | 32.57 | US | 17.1 | 27.52 | US |
| 45 | 5 | | 114.17 | 114.7 | US | 100.69 | 101.15 | US | 85.09 | 85.49 | US |
| | 10 | | 66.23 | 68.6 | US | 58.41 | 60.5 | US | 49.37 | 51.13 | US |
| | 15 | | 49.28 | 53.79 | US | 43.46 | 47.44 | US | 36.73 | 40.09 | US |
| | 20 | | 39.14 | 46.18 | US | 34.52 | 40.72 | US | 29.18 | 34.42 | US |
| | 25 | | 31.56 | 41.53 | US | 27.83 | 36.63 | US | 23.52 | 30.96 | US |
| | 30 | | 25.01 | 38.46 | US | 22.06 | 33.92 | US | 18.64 | 28.66 | US |
| | 35 | | 18.61 | 36.33 | US | 16.41 | 32.04 | US | 13.87 | 27.08 | US |
| 50 | 5 | | 109.99 | 110.63 | US | 97.01 | 97.56 | US | 81.99 | 82.46 | US |
| | 10 | | 63.03 | 65.83 | US | 55.59 | 58.06 | US | 46.98 | 49.07 | US |
| | 15 | | 46.58 | 51.95 | US | 41.08 | 45.82 | US | 34.72 | 38.72 | US |
| | 20 | | 36.4 | 44.81 | US | 32.1 | 39.52 | US | 27.13 | 33.4 | US |
| | 25 | | 28.47 | 40.49 | US | 25.11 | 35.71 | US | 21.22 | 30.18 | US |
| | 30 | | 21.24 | 37.67 | US | 18.73 | 33.22 | US | 15.83 | 28.08 | US |
| | 35 | | 13.28 | 35.76 | US | 11.72 | 31.54 | US | 9.9 | 26.66 | US |

Tabel A.11 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 2 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|
| | | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 5,7 | 162.1 | 230.68 | US | 143.83 | 204.05 | US | 122.87 | 173.38 | US |
| | 10 | | 113.93 | 162.63 | US | 101.1 | 143.86 | US | 86.38 | 122.24 | US |
| | 15 | | 92.08 | 132.13 | US | 81.72 | 116.88 | US | 69.83 | 99.32 | US |
| | 20 | | 78.58 | 113.62 | US | 69.75 | 100.51 | US | 59.63 | 85.42 | US |
| | 25 | | 68.88 | 100.62 | US | 61.16 | 89.02 | US | 52.31 | 75.66 | US |
| | 30 | | 61.17 | 90.56 | US | 54.33 | 80.13 | US | 46.5 | 68.12 | US |
| | 35 | | 54.01 | 81.35 | US | 47.99 | 71.98 | US | 41.11 | 61.2 | US |
| 30 | 5 | | 162.04 | 230.63 | US | 143.77 | 204.01 | US | 122.82 | 173.35 | US |
| | 10 | | 113.58 | 162.38 | US | 100.79 | 143.64 | US | 86.12 | 122.06 | US |
| | 15 | | 91.37 | 131.63 | US | 81.09 | 116.44 | US | 69.31 | 98.96 | US |
| | 20 | | 78.16 | 113.88 | US | 69.39 | 100.75 | US | 59.34 | 85.63 | US |
| | 25 | | 65.85 | 97.46 | US | 58.48 | 86.24 | US | 50.05 | 73.31 | US |
| | 30 | | 56.67 | 85.68 | US | 50.37 | 75.82 | US | 43.15 | 64.47 | US |
| | 35 | | 49.16 | 76.46 | US | 43.73 | 67.67 | US | 37.51 | 57.56 | US |
| 35 | 5 | | 161.96 | 230.58 | US | 143.7 | 203.96 | US | 122.76 | 173.31 | US |
| | 10 | | 113.16 | 162.09 | US | 100.42 | 143.39 | US | 85.81 | 121.84 | US |
| | 15 | | 91.85 | 132.98 | US | 81.54 | 117.64 | US | 69.71 | 99.98 | US |
| | 20 | | 73.62 | 108.31 | US | 65.38 | 95.83 | US | 55.93 | 81.45 | US |
| | 25 | | 61.39 | 92.42 | US | 54.55 | 81.78 | US | 46.72 | 69.53 | US |
| | 30 | | 51.9 | 80.7 | US | 46.17 | 71.43 | US | 39.6 | 60.75 | US |
| | 35 | | 43.82 | 71.34 | US | 39.03 | 63.15 | US | 33.56 | 53.73 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 5,7 | 161.87 | 230.52 | US | 143.62 | 203.91 | US | 122.69 | 173.26 | US |
| | 10 | | 114.69 | 164.65 | US | 101.79 | 145.65 | US | 86.98 | 123.77 | US |
| | 15 | | 86.82 | 126.43 | US | 77.08 | 111.85 | US | 65.91 | 95.06 | US |
| | 20 | | 69.14 | 102.92 | US | 61.42 | 91.07 | US | 52.57 | 77.42 | US |
| | 25 | | 56.78 | 87.33 | US | 50.48 | 77.28 | US | 43.28 | 65.72 | US |
| | 30 | | 46.8 | 75.57 | US | 41.67 | 66.89 | US | 35.81 | 56.91 | US |
| | 35 | | 37.88 | 65.97 | US | 33.81 | 58.42 | US | 29.19 | 49.73 | US |
| 45 | 5 | | 161.76 | 230.44 | US | 143.53 | 203.84 | US | 122.62 | 173.21 | US |
| | 10 | | 113.06 | 162.72 | US | 100.34 | 143.95 | US | 85.76 | 122.32 | US |
| | 15 | | 82.04 | 120.27 | US | 72.84 | 106.41 | US | 62.31 | 90.44 | US |
| | 20 | | 64.63 | 97.6 | US | 57.44 | 86.36 | US | 49.2 | 73.43 | US |
| | 25 | | 51.99 | 82.18 | US | 46.26 | 72.74 | US | 39.71 | 61.87 | US |
| | 30 | | 41.32 | 70.32 | US | 36.86 | 62.26 | US | 31.77 | 52.99 | US |
| | 35 | | 31.16 | 60.4 | US | 27.93 | 53.51 | US | 24.29 | 45.58 | US |
| 50 | 5 | | 161.65 | 230.36 | US | 143.43 | 203.77 | US | 122.54 | 173.15 | US |
| | 10 | | 106.81 | 154.17 | US | 94.8 | 136.38 | US | 81.04 | 115.9 | US |
| | 15 | | 77.38 | 114.35 | US | 68.72 | 101.17 | US | 58.8 | 86 | US |
| | 20 | | 60.1 | 92.33 | US | 53.43 | 81.71 | US | 45.8 | 69.48 | US |
| | 25 | | 47.02 | 77.03 | US | 41.89 | 68.19 | US | 36.03 | 58.01 | US |
| | 30 | | 35.39 | 64.98 | US | 31.66 | 57.55 | US | 27.42 | 49.01 | US |
| | 35 | | 23.13 | 54.66 | US | 20.96 | 48.44 | US | 18.53 | 41.3 | US |

Tabel A.12 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 3 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|
| | | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 0 | 100.41 | 100.53 | US | 88.55 | 88.66 | US | 74.84 | 74.93 | US |
| | 10 | | 70.48 | 71.36 | US | 62.16 | 62.94 | US | 52.53 | 53.19 | US |
| | 15 | | 58.06 | 59.9 | US | 51.2 | 52.83 | US | 43.27 | 44.65 | US |
| | 20 | | 48.85 | 51.77 | US | 43.08 | 45.66 | US | 36.41 | 38.59 | US |
| | 25 | | 41.76 | 45.86 | US | 36.83 | 40.44 | US | 31.12 | 34.18 | US |
| | 30 | | 36.4 | 41.82 | US | 32.1 | 36.88 | US | 27.13 | 31.17 | US |
| | 35 | | 32 | 38.88 | US | 28.22 | 34.29 | US | 23.85 | 28.98 | US |
| 30 | 5 | | 100.37 | 100.55 | US | 88.52 | 88.67 | US | 74.81 | 74.94 | US |
| | 10 | | 72.27 | 73.58 | US | 63.74 | 64.89 | US | 53.87 | 54.84 | US |
| | 15 | | 56.83 | 59.46 | US | 50.12 | 52.44 | US | 42.36 | 44.32 | US |
| | 20 | | 46.34 | 50.44 | US | 40.87 | 44.48 | US | 34.54 | 37.59 | US |
| | 25 | | 39.11 | 44.88 | US | 34.49 | 39.58 | US | 29.15 | 33.45 | US |
| | 30 | | 33.44 | 41.1 | US | 29.49 | 36.24 | US | 24.92 | 30.63 | US |
| | 35 | | 28.58 | 38.38 | US | 25.21 | 33.85 | US | 21.3 | 28.61 | US |
| 35 | 5 | | 100.32 | 100.57 | US | 88.47 | 88.69 | US | 74.77 | 74.96 | US |
| | 10 | | 72.52 | 74.31 | US | 63.95 | 65.54 | US | 54.05 | 55.39 | US |
| | 15 | | 54.12 | 57.58 | US | 47.73 | 50.78 | US | 40.34 | 42.92 | US |
| | 20 | | 43.68 | 49.09 | US | 38.52 | 43.3 | US | 32.56 | 36.59 | US |
| | 25 | | 36.21 | 43.88 | US | 31.93 | 38.7 | US | 26.99 | 32.7 | US |
| | 30 | | 30.11 | 40.36 | US | 26.55 | 35.6 | US | 22.44 | 30.09 | US |
| | 35 | | 24.6 | 37.88 | US | 21.7 | 33.4 | US | 18.34 | 28.23 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|
| | | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 0 | 103.51 | 103.84 | US | 91.28 | 91.58 | US | 77.15 | 77.4 | US |
| | 10 | | 69.09 | 71.34 | US | 60.93 | 62.91 | US | 51.5 | 53.17 | US |
| | 15 | | 51.35 | 55.72 | US | 45.29 | 49.14 | US | 38.27 | 41.53 | US |
| | 20 | | 40.88 | 47.75 | US | 36.05 | 42.11 | US | 30.47 | 35.59 | US |
| | 25 | | 33.08 | 42.87 | US | 29.18 | 37.81 | US | 24.66 | 31.95 | US |
| | 30 | | 26.39 | 39.63 | US | 23.28 | 34.95 | US | 19.67 | 29.54 | US |
| | 35 | | 19.89 | 37.37 | US | 17.55 | 32.96 | US | 14.83 | 27.86 | US |
| 45 | 5 | | 111.39 | 111.84 | US | 98.24 | 98.64 | US | 83.03 | 83.36 | US |
| | 10 | | 65.77 | 68.5 | US | 58.01 | 60.41 | US | 49.02 | 51.06 | US |
| | 15 | | 48.55 | 53.89 | US | 42.81 | 47.53 | US | 36.18 | 40.17 | US |
| | 20 | | 37.96 | 46.41 | US | 33.48 | 40.93 | US | 28.3 | 34.59 | US |
| | 25 | | 29.74 | 41.88 | US | 26.22 | 36.93 | US | 22.16 | 31.21 | US |
| | 30 | | 22.21 | 38.91 | US | 19.59 | 34.31 | US | 16.56 | 29 | US |
| | 35 | | 13.93 | 36.88 | US | 12.28 | 32.53 | US | 10.38 | 27.49 | US |
| 50 | 5 | | 109.17 | 109.72 | US | 96.28 | 96.76 | US | 81.37 | 81.78 | US |
| | 10 | | 62.55 | 65.79 | US | 55.17 | 58.02 | US | 46.62 | 49.04 | US |
| | 15 | | 45.73 | 52.1 | US | 40.33 | 45.95 | US | 34.09 | 38.84 | US |
| | 20 | | 34.96 | 45.11 | US | 30.84 | 39.78 | US | 26.06 | 33.62 | US |
| | 25 | | 26.16 | 40.91 | US | 23.07 | 36.08 | US | 19.5 | 30.49 | US |
| | 30 | | 17.34 | 38.21 | US | 15.29 | 33.7 | US | 12.93 | 28.48 | US |
| | 35 | | 9.22 | 36.41 | US | 7.96 | 32.11 | US | 1.32 | 27.14 | US |

Tabel A.13 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 3 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 5,7 | 156.74 | 234.39 | US | 139.13 | 207.32 | US | 118.94 | 176.12 | US |
| | 10 | | 110.01 | 165.19 | US | 97.66 | 146.11 | US | 83.5 | 124.13 | US |
| | 15 | | 88.69 | 134.13 | US | 78.75 | 118.64 | US | 67.35 | 100.8 | US |
| | 20 | | 75.41 | 115.24 | US | 66.98 | 101.94 | US | 57.31 | 86.62 | US |
| | 25 | | 65.81 | 102.01 | US | 58.47 | 90.24 | US | 50.07 | 76.69 | US |
| | 30 | | 58.73 | 92.75 | US | 52.2 | 82.06 | US | 44.74 | 69.75 | US |
| | 35 | | 52.62 | 85.17 | US | 46.8 | 75.36 | US | 40.16 | 64.07 | US |
| 30 | 5 | | 156.68 | 234.35 | US | 139.08 | 207.28 | US | 118.89 | 176.1 | US |
| | 10 | | 109.6 | 164.92 | US | 97.3 | 145.87 | US | 83.2 | 123.93 | US |
| | 15 | | 87.84 | 133.57 | US | 78.01 | 118.15 | US | 66.73 | 100.39 | US |
| | 20 | | 75.1 | 115.98 | US | 66.71 | 102.6 | US | 57.11 | 87.19 | US |
| | 25 | | 65.86 | 103.97 | US | 58.54 | 91.98 | US | 50.16 | 78.18 | US |
| | 30 | | 57.81 | 94.07 | US | 51.43 | 83.24 | US | 44.14 | 70.77 | US |
| | 35 | | 50.44 | 85.59 | US | 44.93 | 75.75 | US | 38.64 | 64.42 | US |
| 35 | 5 | | 156.61 | 234.31 | US | 139.02 | 207.24 | US | 118.84 | 176.06 | US |
| | 10 | | 109.12 | 164.6 | US | 96.88 | 145.59 | US | 82.85 | 123.7 | US |
| | 15 | | 89.09 | 136.35 | US | 79.12 | 120.62 | US | 67.71 | 102.49 | US |
| | 20 | | 76.55 | 119.8 | US | 68.02 | 105.98 | US | 58.27 | 90.07 | US |
| | 25 | | 65.95 | 106.63 | US | 58.66 | 94.35 | US | 50.32 | 80.2 | US |
| | 30 | | 56.38 | 95.61 | US | 50.22 | 84.62 | US | 43.19 | 71.96 | US |
| | 35 | | 47.2 | 85.99 | US | 42.14 | 76.12 | US | 36.39 | 64.76 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 5,7 | 156.53 | 234.26 | US | 138.95 | 207.2 | US | 118.79 | 176.02 | US |
| | 10 | | 109.8 | 166.11 | US | 97.49 | 146.93 | US | 83.38 | 124.83 | US |
| | 15 | | 92.41 | 142.55 | US | 82.09 | 126.11 | US | 70.27 | 107.16 | US |
| | 20 | | 78.28 | 124.54 | US | 69.59 | 110.19 | US | 59.66 | 93.66 | US |
| | 25 | | 65.92 | 109.96 | US | 58.68 | 97.31 | US | 50.42 | 82.74 | US |
| | 30 | | 54.25 | 97.51 | US | 48.41 | 86.31 | US | 41.76 | 73.42 | US |
| | 35 | | 41.33 | 84.43 | US | 37.07 | 74.77 | US | 32.24 | 63.65 | US |
| 45 | 5 | | 156.44 | 234.2 | US | 138.87 | 207.14 | US | 118.72 | 175.98 | US |
| | 10 | | 115.76 | 175.71 | US | 102.79 | 155.43 | US | 87.93 | 132.06 | US |
| | 15 | | 96.62 | 150.44 | US | 85.85 | 133.09 | US | 73.52 | 113.1 | US |
| | 20 | | 80.48 | 130.67 | US | 71.59 | 115.62 | US | 61.43 | 98.29 | US |
| | 25 | | 65.74 | 114.28 | US | 58.6 | 101.14 | US | 50.45 | 86.02 | US |
| | 30 | | 49.16 | 96.35 | US | 44.01 | 85.31 | US | 38.17 | 72.61 | US |
| | 35 | | 32.15 | 81.66 | US | 29.17 | 72.34 | US | 25.85 | 61.63 | US |
| 50 | 5 | | 156.34 | 234.13 | US | 138.78 | 207.08 | US | 118.65 | 175.93 | US |
| | 10 | | 123.41 | 188.03 | US | 109.59 | 166.32 | US | 93.76 | 141.32 | US |
| | 15 | | 102.23 | 160.91 | US | 90.86 | 142.36 | US | 77.84 | 120.99 | US |
| | 20 | | 83.44 | 138.9 | US | 74.28 | 122.92 | US | 63.81 | 104.51 | US |
| | 25 | | 62.35 | 114.6 | US | 55.68 | 101.45 | US | 48.09 | 86.31 | US |
| | 30 | | 42.09 | 94.97 | US | 37.92 | 84.11 | US | 33.23 | 71.63 | US |
| | 35 | | 23.22 | 78.17 | US | 17.6 | 69.29 | US | 14.5 | 59.1 | US |

Tabel A.14 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 4 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|
| | | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 0 | 100.39 | 100.56 | US | 88.54 | 88.68 | US | 74.83 | 74.95 | US |
| | 10 | | 70.58 | 71.41 | US | 62.24 | 62.97 | US | 52.6 | 53.22 | US |
| | 15 | | 58.46 | 60.15 | US | 51.55 | 53.05 | US | 43.57 | 44.83 | US |
| | 20 | | 49.52 | 52.2 | US | 43.68 | 46.03 | US | 36.91 | 38.9 | US |
| | 25 | | 42.58 | 46.31 | US | 37.56 | 40.84 | US | 31.74 | 34.52 | US |
| | 30 | | 37.39 | 42.29 | US | 32.97 | 37.3 | US | 27.87 | 31.52 | US |
| | 35 | | 33.18 | 39.39 | US | 29.26 | 34.74 | US | 24.73 | 29.36 | US |
| 30 | 5 | | 100.34 | 100.58 | US | 88.5 | 88.71 | US | 74.79 | 74.97 | US |
| | 10 | | 72.65 | 73.88 | US | 64.07 | 65.16 | US | 54.15 | 55.07 | US |
| | 15 | | 57.72 | 60.15 | US | 50.9 | 53.05 | US | 43.02 | 44.83 | US |
| | 20 | | 47.38 | 51.13 | US | 41.78 | 45.09 | US | 35.31 | 38.11 | US |
| | 25 | | 40.31 | 45.56 | US | 35.55 | 40.18 | US | 30.05 | 33.96 | US |
| | 30 | | 34.85 | 41.78 | US | 30.73 | 36.85 | US | 25.97 | 31.14 | US |
| | 35 | | 30.26 | 39.07 | US | 26.69 | 34.46 | US | 22.56 | 29.12 | US |
| 35 | 5 | | 100.29 | 100.61 | US | 88.45 | 88.73 | US | 74.75 | 74.99 | US |
| | 10 | | 73.69 | 75.41 | US | 64.99 | 66.5 | US | 54.93 | 56.21 | US |
| | 15 | | 55.4 | 58.62 | US | 48.86 | 51.7 | US | 41.3 | 43.7 | US |
| | 20 | | 45.09 | 50.07 | US | 39.77 | 44.16 | US | 33.61 | 37.32 | US |
| | 25 | | 37.81 | 44.8 | US | 33.35 | 39.51 | US | 28.18 | 33.39 | US |
| | 30 | | 31.99 | 41.26 | US | 28.21 | 36.39 | US | 23.85 | 30.75 | US |
| | 35 | | 26.91 | 38.76 | US | 23.73 | 34.18 | US | 20.05 | 28.89 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 0 | 103.3 | 103.74 | US | 91.1 | 91.49 | US | 77 | 77.32 | US |
| | 10 | | 70.77 | 72.94 | US | 62.42 | 64.32 | US | 52.75 | 54.36 | US |
| | 15 | | 53.03 | 57.12 | US | 46.77 | 50.37 | US | 39.53 | 42.57 | US |
| | 20 | | 42.66 | 49 | US | 37.62 | 43.21 | US | 31.8 | 36.52 | US |
| | 25 | | 35.1 | 44.03 | US | 30.96 | 38.83 | US | 26.16 | 32.82 | US |
| | 30 | | 28.82 | 40.73 | US | 25.42 | 35.92 | US | 21.48 | 30.36 | US |
| | 35 | | 23.04 | 38.44 | US | 20.32 | 33.9 | US | 17.17 | 28.65 | US |
| 45 | 5 | | 113.49 | 114.1 | US | 100.09 | 100.63 | US | 84.59 | 85.04 | US |
| | 10 | | 67.94 | 70.58 | US | 59.92 | 62.25 | US | 50.64 | 52.61 | US |
| | 15 | | 50.6 | 55.62 | US | 44.62 | 49.05 | US | 37.71 | 41.46 | US |
| | 20 | | 40.11 | 47.92 | US | 35.38 | 42.26 | US | 29.9 | 35.72 | US |
| | 25 | | 32.2 | 43.26 | US | 28.39 | 38.15 | US | 24 | 32.24 | US |
| | 30 | | 25.31 | 40.2 | US | 22.32 | 35.45 | US | 18.86 | 29.96 | US |
| | 35 | | 18.48 | 38.12 | US | 16.3 | 33.62 | US | 13.77 | 28.41 | US |
| 50 | 5 | | 112.75 | 113.49 | US | 99.43 | 100.09 | US | 84.04 | 84.59 | US |
| | 10 | | 65.15 | 68.31 | US | 57.46 | 60.24 | US | 48.56 | 50.91 | US |
| | 15 | | 48.11 | 54.13 | US | 42.43 | 47.74 | US | 35.86 | 40.34 | US |
| | 20 | | 37.46 | 46.85 | US | 33.04 | 41.32 | US | 27.92 | 34.92 | US |
| | 25 | | 29.1 | 42.49 | US | 25.66 | 37.47 | US | 21.69 | 31.67 | US |
| | 30 | | 21.38 | 39.68 | US | 18.85 | 34.99 | US | 15.93 | 29.58 | US |
| | 35 | | 12.64 | 37.81 | US | 11.15 | 33.35 | US | 9.42 | 28.18 | US |

Tabel A.15 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Skid pada Kondisi 4 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 5,7 | 168.39 | 226.09 | US | 149.34 | 200.01 | US | 127.48 | 169.99 | US |
| | 10 | | 118.33 | 159.31 | US | 104.95 | 140.95 | US | 89.6 | 119.79 | US |
| | 15 | | 95.59 | 129.32 | US | 84.8 | 114.42 | US | 72.41 | 97.25 | US |
| | 20 | | 81.53 | 111.07 | US | 72.34 | 98.28 | US | 61.79 | 83.54 | US |
| | 25 | | 71.45 | 98.27 | US | 63.41 | 86.96 | US | 54.2 | 73.93 | US |
| | 30 | | 63.53 | 88.47 | US | 56.4 | 78.29 | US | 48.23 | 66.58 | US |
| | 35 | | 56.07 | 79.35 | US | 49.81 | 70.23 | US | 42.63 | 59.74 | US |
| 30 | 5 | | 168.32 | 226.03 | US | 149.28 | 199.96 | US | 127.42 | 169.95 | US |
| | 10 | | 117.94 | 159.03 | US | 104.61 | 140.69 | US | 89.32 | 119.58 | US |
| | 15 | | 94.82 | 128.75 | US | 84.12 | 113.91 | US | 71.84 | 96.83 | US |
| | 20 | | 81.39 | 111.68 | US | 72.22 | 98.82 | US | 61.72 | 84.01 | US |
| | 25 | | 68.65 | 95.59 | US | 60.95 | 84.59 | US | 52.12 | 71.93 | US |
| | 30 | | 59.07 | 83.88 | US | 52.47 | 74.24 | US | 44.91 | 63.15 | US |
| | 35 | | 51.15 | 74.61 | US | 45.47 | 66.05 | US | 38.98 | 56.2 | US |
| 35 | 5 | | 168.23 | 225.96 | US | 149.2 | 199.91 | US | 127.36 | 169.9 | US |
| | 10 | | 117.49 | 158.69 | US | 104.21 | 140.4 | US | 88.98 | 119.33 | US |
| | 15 | | 95.94 | 130.87 | US | 85.12 | 115.79 | US | 72.72 | 98.43 | US |
| | 20 | | 77.11 | 106.76 | US | 68.45 | 94.47 | US | 58.51 | 80.33 | US |
| | 25 | | 64.31 | 90.96 | US | 57.12 | 80.5 | US | 48.88 | 68.47 | US |
| | 30 | | 54.26 | 79.13 | US | 48.24 | 70.05 | US | 41.35 | 59.61 | US |
| | 35 | | 45.62 | 69.54 | US | 40.61 | 61.58 | US | 34.9 | 52.43 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 5,7 | 168.12 | 225.89 | US | 149.11 | 199.84 | US | 127.28 | 169.84 | US |
| | 10 | | 118.84 | 160.85 | US | 105.42 | 142.31 | US | 90.02 | 120.96 | US |
| | 15 | | 91.35 | 125.27 | US | 81.06 | 110.85 | US | 69.26 | 94.23 | US |
| | 20 | | 72.84 | 101.96 | US | 64.68 | 90.23 | US | 55.32 | 76.73 | US |
| | 25 | | 59.72 | 86.2 | US | 53.07 | 76.31 | US | 45.46 | 64.92 | US |
| | 30 | | 49.01 | 74.13 | US | 43.62 | 65.64 | US | 37.46 | 55.88 | US |
| | 35 | | 39.34 | 64.11 | US | 35.1 | 56.79 | US | 30.28 | 48.38 | US |
| 45 | 5 | | 168 | 225.8 | US | 149 | 199.76 | US | 127.2 | 169.77 | US |
| | 10 | | 119.16 | 161.67 | US | 105.71 | 143.03 | US | 90.28 | 121.58 | US |
| | 15 | | 86.93 | 119.96 | US | 77.15 | 106.15 | US | 65.94 | 90.25 | US |
| | 20 | | 68.46 | 97.12 | US | 60.81 | 85.96 | US | 52.04 | 73.11 | US |
| | 25 | | 54.86 | 81.3 | US | 48.79 | 71.97 | US | 41.85 | 61.25 | US |
| | 30 | | 43.26 | 68.89 | US | 38.57 | 61.02 | US | 33.22 | 51.97 | US |
| | 35 | | 32.04 | 58.33 | US | 28.73 | 51.7 | US | 24.97 | 44.08 | US |
| 50 | 5 | | 167.87 | 225.7 | US | 148.89 | 199.67 | US | 127.1 | 169.7 | US |
| | 10 | | 113.59 | 154.52 | US | 100.78 | 136.72 | US | 86.08 | 116.21 | US |
| | 15 | | 82.54 | 114.75 | US | 73.27 | 101.55 | US | 62.65 | 86.34 | US |
| | 20 | | 63.96 | 92.23 | US | 56.84 | 81.64 | US | 48.68 | 69.45 | US |
| | 25 | | 49.72 | 76.27 | US | 44.27 | 67.54 | US | 38.05 | 57.49 | US |
| | 30 | | 36.89 | 63.45 | US | 32.99 | 56.22 | US | 28.55 | 47.91 | US |
| | 35 | | 22.98 | 52.2 | US | 20.87 | 46.3 | US | 18.51 | 39.53 | US |

Tabel A.16 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 5 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 0 | 100.42 | 100.51 | US | 88.56 | 88.64 | US | 74.85 | 74.92 | US |
| | 10 | | 70.57 | 71.26 | US | 62.24 | 62.84 | US | 52.6 | 53.11 | US |
| | 15 | | 58.25 | 59.7 | US | 51.37 | 52.65 | US | 43.42 | 44.49 | US |
| | 20 | | 49.11 | 51.4 | US | 43.31 | 45.33 | US | 36.6 | 38.31 | US |
| | 25 | | 41.95 | 45.14 | US | 37 | 39.81 | US | 31.27 | 33.65 | US |
| | 30 | | 36.67 | 40.88 | US | 32.34 | 36.05 | US | 27.33 | 30.47 | US |
| | 35 | | 32.43 | 37.76 | US | 28.6 | 33.3 | US | 24.17 | 28.14 | US |
| 30 | 5 | | 100.39 | 100.52 | US | 88.53 | 88.65 | US | 74.83 | 74.92 | US |
| | 10 | | 72.41 | 73.43 | US | 63.86 | 64.76 | US | 53.97 | 54.73 | US |
| | 15 | | 56.83 | 58.88 | US | 50.12 | 51.93 | US | 42.36 | 43.89 | US |
| | 20 | | 46.2 | 49.37 | US | 40.75 | 43.54 | US | 34.44 | 36.8 | US |
| | 25 | | 39.11 | 43.55 | US | 34.49 | 38.41 | US | 29.15 | 32.46 | US |
| | 30 | | 33.7 | 39.58 | US | 29.72 | 34.9 | US | 25.12 | 29.5 | US |
| | 35 | | 29.19 | 36.69 | US | 25.75 | 32.36 | US | 21.76 | 27.35 | US |
| 35 | 5 | | 100.35 | 100.53 | US | 88.5 | 88.66 | US | 74.8 | 74.93 | US |
| | 10 | | 72.51 | 73.9 | US | 63.94 | 65.18 | US | 54.04 | 55.08 | US |
| | 15 | | 53.49 | 56.16 | US | 47.18 | 49.53 | US | 39.87 | 41.86 | US |
| | 20 | | 43.22 | 47.36 | US | 38.12 | 41.77 | US | 32.21 | 35.3 | US |
| | 25 | | 36.12 | 41.96 | US | 31.85 | 37 | US | 26.92 | 31.27 | US |
| | 30 | | 30.5 | 38.28 | US | 26.89 | 33.76 | US | 22.73 | 28.53 | US |
| | 35 | | 25.61 | 35.62 | US | 22.59 | 31.41 | US | 19.09 | 26.55 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|
| | | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | | V _{sf} | V _{sr} | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 0 | 103.58 | 103.82 | US | 91.35 | 91.56 | US | 77.2 | 77.39 | US |
| | 10 | | 67.98 | 69.7 | US | 59.95 | 61.47 | US | 50.67 | 51.95 | US |
| | 15 | | 50.22 | 53.54 | US | 44.29 | 47.22 | US | 37.43 | 39.91 | US |
| | 20 | | 40.21 | 45.4 | US | 35.46 | 40.04 | US | 29.97 | 33.84 | US |
| | 25 | | 33.02 | 40.39 | US | 29.12 | 35.62 | US | 24.61 | 30.1 | US |
| | 30 | | 27.09 | 37 | US | 23.89 | 32.63 | US | 20.19 | 27.58 | US |
| | 35 | | 21.65 | 34.58 | US | 19.09 | 30.49 | US | 16.14 | 25.77 | US |
| 45 | 5 | | 111.15 | 111.48 | US | 98.02 | 98.31 | US | 82.84 | 83.09 | US |
| | 10 | | 63.78 | 65.84 | US | 56.25 | 58.06 | US | 47.54 | 49.07 | US |
| | 15 | | 47.04 | 51.04 | US | 41.48 | 45.02 | US | 35.06 | 38.05 | US |
| | 20 | | 37.2 | 43.51 | US | 32.81 | 38.37 | US | 27.73 | 32.43 | US |
| | 25 | | 29.85 | 38.88 | US | 26.33 | 34.29 | US | 22.25 | 28.98 | US |
| | 30 | | 23.48 | 35.77 | US | 20.71 | 31.55 | US | 17.5 | 26.66 | US |
| | 35 | | 17.16 | 33.58 | US | 15.13 | 29.61 | US | 12.79 | 25.03 | US |
| 50 | 5 | | 107.92 | 108.31 | US | 95.17 | 95.52 | US | 80.44 | 80.73 | US |
| | 10 | | 59.87 | 62.28 | US | 52.8 | 54.92 | US | 44.63 | 46.42 | US |
| | 15 | | 43.96 | 48.68 | US | 38.77 | 42.93 | US | 32.77 | 36.29 | US |
| | 20 | | 34.22 | 41.71 | US | 30.18 | 36.79 | US | 25.51 | 31.09 | US |
| | 25 | | 26.63 | 37.45 | US | 23.48 | 33.03 | US | 19.85 | 27.91 | US |
| | 30 | | 19.6 | 34.61 | US | 17.29 | 30.53 | US | 14.61 | 25.8 | US |
| | 35 | | 11.61 | 32.64 | US | 10.24 | 28.79 | US | 8.65 | 24.33 | US |

Tabel A.17 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami *Skid* pada Kondisi 5 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 25 | 5 | 5,7 | 144.49 | 242.3 | US | 128.4 | 214.17 | US | 109.98 | 181.89 | US |
| | 10 | | 101.54 | 171.71 | US | 90.24 | 151.11 | US | 77.31 | 128.34 | US |
| | 15 | | 82.04 | 140.71 | US | 72.92 | 122.93 | US | 62.49 | 104.41 | US |
| | 20 | | 69.98 | 122.48 | US | 62.22 | 105.91 | US | 53.35 | 89.96 | US |
| | 25 | | 61.35 | 110.26 | US | 54.56 | 94.1 | US | 46.81 | 79.93 | US |
| | 30 | | 54.31 | 100.94 | US | 48.33 | 84.76 | US | 41.49 | 72.01 | US |
| | 35 | | 47.79 | 92.55 | US | 42.55 | 76.25 | US | 36.57 | 64.79 | US |
| 30 | 5 | | 144.45 | 242.33 | US | 128.37 | 214.15 | US | 109.95 | 181.87 | US |
| | 10 | | 101.23 | 171.89 | US | 89.97 | 150.95 | US | 77.08 | 128.2 | US |
| | 15 | | 81.4 | 141.09 | US | 72.36 | 122.6 | US | 62.02 | 104.13 | US |
| | 20 | | 69.41 | 123.92 | US | 61.73 | 106.11 | US | 52.95 | 90.13 | US |
| | 25 | | 58.1 | 107.89 | US | 51.7 | 90.64 | US | 44.38 | 77 | US |
| | 30 | | 49.79 | 97.24 | US | 44.34 | 79.82 | US | 38.11 | 67.82 | US |
| | 35 | | 43.04 | 89.59 | US | 38.36 | 71.54 | US | 33.04 | 60.79 | US |
| 35 | 5 | | 144.4 | 242.36 | US | 128.32 | 214.13 | US | 109.92 | 181.85 | US |
| | 10 | | 100.86 | 172.11 | US | 89.65 | 150.76 | US | 76.82 | 128.04 | US |
| | 15 | | 81.39 | 142.87 | US | 72.37 | 123.36 | US | 62.05 | 104.78 | US |
| | 20 | | 64.57 | 118.07 | US | 57.44 | 99.92 | US | 49.29 | 84.88 | US |
| | 25 | | 53.54 | 103.49 | US | 47.67 | 85.35 | US | 40.96 | 72.51 | US |
| | 30 | | 45.08 | 93.74 | US | 40.19 | 74.89 | US | 34.6 | 63.64 | US |
| | 35 | | 37.91 | 86.76 | US | 33.85 | 66.74 | US | 29.24 | 56.73 | US |

| V | δf | θ | Aspal Kering | | Perilaku | Aspal Sedikit Basah | | Perilaku | Aspal Basah | | Perilaku |
|--------|------------|----------|--------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|-------------|----------|----------|
| | | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | | Vsf | Vsr | |
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 40 | 5 | 5,7 | 144.34 | 242.39 | US | 128.27 | 214.1 | US | 109.88 | 181.83 | US |
| | 10 | | 101.05 | 173.41 | US | 89.82 | 151.46 | US | 76.97 | 128.64 | US |
| | 15 | | 75.83 | 135.07 | US | 67.43 | 115.78 | US | 57.83 | 98.35 | US |
| | 20 | | 59.88 | 112.66 | US | 53.29 | 94.07 | US | 45.76 | 79.92 | US |
| | 25 | | 48.94 | 99.32 | US | 43.6 | 80.16 | US | 37.52 | 68.12 | US |
| | 30 | | 40.17 | 90.4 | US | 35.86 | 69.98 | US | 30.96 | 59.48 | US |
| | 35 | | 32.34 | 84.04 | US | 28.96 | 61.9 | US | 25.14 | 52.63 | US |
| 45 | 5 | | 144.28 | 242.43 | US | 128.22 | 214.06 | US | 109.83 | 181.8 | US |
| | 10 | | 99.04 | 171.07 | US | 88.05 | 148.92 | US | 75.46 | 126.49 | US |
| | 15 | | 70.66 | 128.01 | US | 62.85 | 108.83 | US | 53.92 | 92.44 | US |
| | 20 | | 55.31 | 107.59 | US | 49.24 | 88.47 | US | 42.32 | 75.17 | US |
| | 25 | | 44.3 | 95.36 | US | 39.51 | 75.11 | US | 34.05 | 63.83 | US |
| | 30 | | 35.04 | 87.22 | US | 31.35 | 65.15 | US | 27.16 | 55.38 | US |
| | 35 | | 26.15 | 81.48 | US | 23.56 | 57.08 | US | 20.65 | 48.55 | US |
| 50 | 5 | | 144.21 | 242.47 | US | 128.15 | 214.03 | US | 109.78 | 181.77 | US |
| | 10 | | 92 | 160.07 | US | 81.79 | 138.83 | US | 70.11 | 117.92 | US |
| | 15 | | 65.8 | 121.53 | US | 58.54 | 102.36 | US | 50.25 | 86.96 | US |
| | 20 | | 50.85 | 102.85 | US | 45.3 | 83.14 | US | 38.97 | 70.64 | US |
| | 25 | | 39.62 | 91.65 | US | 35.39 | 70.23 | US | 30.58 | 59.7 | US |
| | 30 | | 29.6 | 84.25 | US | 26.59 | 60.42 | US | 23.18 | 51.38 | US |
| | 35 | | 18.84 | 79.08 | US | 17.23 | 52.31 | US | 15.46 | 44.51 | US |

Tabel A.18 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 1 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 0 | 212.27 | 216.73 | US | 35 | 5 | 0 | 207.68 | 225.54 | US | 50 | 5 | 0 | 163.46 | 266.42 | US |
| | 10 | | 149.98 | 155.76 | US | | 10 | | 149.37 | 176.54 | US | | 10 | | 89.04 | 167.25 | US |
| | 15 | | 122.09 | 129.31 | US | | 15 | | 107.94 | 140.22 | US | | 15 | | 63.67 | 139.69 | US |
| | 20 | | 105.52 | 114.3 | US | | 20 | | 84.58 | 122.61 | US | | 20 | | 47.61 | 125.86 | US |
| | 25 | | 94.87 | 105.41 | US | | 25 | | 67.51 | 111.91 | US | | 25 | | 34.39 | 117.35 | US |
| | 30 | | 85 | 97.2 | US | | 30 | | 52.86 | 104.63 | US | | 30 | | 13.51 | 111.49 | US |
| | 35 | | 76.54 | 90.42 | US | | 35 | | 38.29 | 99.32 | US | | 35 | | 7.39 | 107.18 | US |
| 25 | 5 | 0 | 211.03 | 219.17 | US | 40 | 5 | 0 | 211.92 | 236.54 | US | | | | | | |
| | 10 | | 147.9 | 159.21 | US | | 10 | | 138.16 | 172.92 | US | | | | | | |
| | 15 | | 122.12 | 136.84 | US | | 15 | | 98.18 | 139.95 | US | | | | | | |
| | 20 | | 102.95 | 120.67 | US | | 20 | | 74.11 | 123.73 | US | | | | | | |
| | 25 | | 87.61 | 108.07 | US | | 25 | | 55.11 | 113.84 | US | | | | | | |
| | 30 | | 76.1 | 99.52 | US | | 30 | | 36.49 | 107.1 | US | | | | | | |
| | 35 | | 66.64 | 93.29 | US | | 35 | | 4.25 | 102.17 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 209.5 | 222.11 | US | 45 | 5 | 0 | 229.98 | 264.67 | US | | | | | | |
| | 10 | | 150.12 | 168.73 | US | | 10 | | 127.25 | 169.89 | US | | | | | | |
| | 15 | | 117.34 | 140.72 | US | | 15 | | 88.01 | 139.79 | US | | | | | | |
| | 20 | | 94.16 | 121.54 | US | | 20 | | 62.56 | 124.83 | US | | | | | | |
| | 25 | | 78.22 | 109.94 | US | | 25 | | 39.87 | 115.66 | US | | | | | | |
| | 30 | | 65.55 | 102.06 | US | | 30 | | 19.57 | 109.39 | US | | | | | | |
| | 35 | | 54.37 | 96.33 | US | | 35 | | 10.25 | 104.8 | US | | | | | | |

Tabel A.19 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 1 dan $\theta = 5.7^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 5,7 | 235.57 | 357.73 | US | 35 | 5 | 5,7 | 238.07 | 358.27 | US | 50 | 5 | 5,7 | 231.78 | 356.44 | US |
| | 10 | | 167.24 | 252.88 | US | | 10 | | 162.48 | 251.04 | US | | 10 | | 144.26 | 235.74 | US |
| | 15 | | 136.37 | 206.09 | US | | 15 | | 129.14 | 206.44 | US | | 15 | | 96.24 | 172.2 | US |
| | 20 | | 116.17 | 177.56 | US | | 20 | | 99.7 | 166.64 | US | | 20 | | 66.23 | 137.78 | US |
| | 25 | | 101.89 | 157.82 | US | | 25 | | 79.69 | 141.47 | US | | 25 | | 39.78 | 114.12 | US |
| | 30 | | 90.89 | 142.99 | US | | 30 | | 63.69 | 123.12 | US | | 30 | | 30.4 | 95.64 | US |
| | 35 | | 81.9 | 131.23 | US | | 35 | | 49.28 | 108.6 | US | | 35 | | 24.66 | 79.9 | US |
| 25 | 5 | 5,7 | 236.51 | 357.95 | US | 40 | 5 | 5,7 | 236.23 | 357.73 | US | | | | | | |
| | 10 | | 167.46 | 252.78 | US | | 10 | | 161.09 | 252.79 | US | | | | | | |
| | 15 | | 133.78 | 205.09 | US | | 15 | | 118.03 | 194.28 | US | | | | | | |
| | 20 | | 112.77 | 176.17 | US | | 20 | | 89.15 | 156.82 | US | | | | | | |
| | 25 | | 97.59 | 156 | US | | 25 | | 68.23 | 132.35 | US | | | | | | |
| | 30 | | 85.55 | 140.63 | US | | 30 | | 50.11 | 114.1 | US | | | | | | |
| | 35 | | 74.07 | 126.05 | US | | 35 | | 31.11 | 99.34 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 5,7 | 237.66 | 358.21 | US | 45 | 5 | 5,7 | 234.14 | 357.12 | US | | | | | | |
| | 10 | | 165.2 | 251.98 | US | | 10 | | 157.41 | 251.62 | US | | | | | | |
| | 15 | | 130.54 | 203.86 | US | | 15 | | 107.14 | 182.97 | US | | | | | | |
| | 20 | | 110.4 | 177.57 | US | | 20 | | 78.08 | 147.21 | US | | | | | | |
| | 25 | | 90.17 | 150.57 | US | | 25 | | 55.33 | 123.22 | US | | | | | | |
| | 30 | | 75.26 | 131.93 | US | | 30 | | 32.46 | 104.93 | US | | | | | | |
| | 35 | | 62.81 | 117.51 | US | | 35 | | 29.24 | 89.76 | US | | | | | | |

Tabel A.20 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 2 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|------------|----------|----------|----------|----------|--------|------------|----------|----------|----------|----------|--------|------------|----------|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 0 | 212.24 | 216.78 | US | 35 | 5 | 0 | 207.59 | 225.68 | US | 50 | 5 | 0 | 220.55 | 263.06 | US |
| | 10 | | 149.88 | 155.84 | US | | 10 | | 148.04 | 175.64 | US | | 10 | | 116.56 | 168.67 | US |
| | 15 | | 121.9 | 129.44 | US | | 15 | | 107.34 | 140.62 | US | | 15 | | 76.75 | 141.61 | US |
| | 20 | | 105.29 | 114.55 | US | | 20 | | 83.83 | 123.43 | US | | 20 | | 47.14 | 127.97 | US |
| | 25 | | 94.38 | 105.56 | US | | 25 | | 66.29 | 112.95 | US | | 25 | | 28.5 | 119.57 | US |
| | 30 | | 84.23 | 97.24 | US | | 30 | | 50.84 | 105.82 | US | | 30 | | 14.54 | 113.82 | US |
| | 35 | | 75.7 | 90.61 | US | | 35 | | 34.71 | 100.63 | US | | 35 | | 6.67 | 109.58 | US |
| 25 | 5 | 0 | 210.99 | 219.24 | US | 40 | 5 | 0 | 212.34 | 237.31 | US | | | | | | |
| | 10 | | 147.73 | 159.34 | US | | 10 | | 137.44 | 172.91 | US | | | | | | |
| | 15 | | 121.73 | 136.96 | US | | 15 | | 97.7 | 140.89 | US | | | | | | |
| | 20 | | 102.15 | 120.57 | US | | 20 | | 73.17 | 125 | US | | | | | | |
| | 25 | | 86.83 | 108.28 | US | | 25 | | 53.24 | 115.29 | US | | | | | | |
| | 30 | | 75.18 | 99.93 | US | | 30 | | 32.6 | 108.67 | US | | | | | | |
| | 35 | | 65.47 | 93.83 | US | | 35 | | 12.03 | 103.85 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 209.44 | 222.21 | US | 45 | 5 | 0 | 228.67 | 263.59 | US | | | | | | |
| | 10 | | 149.82 | 168.87 | US | | 10 | | 126.97 | 170.63 | US | | | | | | |
| | 15 | | 116.49 | 140.55 | US | | 15 | | 87.53 | 141.24 | US | | | | | | |
| | 20 | | 93.45 | 121.9 | US | | 20 | | 61.18 | 126.53 | US | | | | | | |
| | 25 | | 77.32 | 110.57 | US | | 25 | | 36.52 | 117.51 | US | | | | | | |
| | 30 | | 64.27 | 102.86 | US | | 30 | | 16.25 | 111.35 | US | | | | | | |
| | 35 | | 52.5 | 97.24 | US | | 35 | | 11.15 | 106.85 | US | | | | | | |

Tabel A.21 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 2 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|------------|----------|----------|----------|----------|--------|------------|----------|----------|----------|----------|--------|------------|----------|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 5,7 | 235.67 | 357.62 | US | 35 | 5 | 5,7 | 238.21 | 358.18 | US | 50 | 5 | 5,7 | 231.85 | 356.33 | US |
| | 10 | | 167.27 | 252.77 | US | | 10 | | 162.31 | 250.82 | US | | 10 | | 143.95 | 235.69 | US |
| | 15 | | 136.3 | 205.94 | US | | 15 | | 128.12 | 205.21 | US | | 15 | | 95.79 | 172.81 | US |
| | 20 | | 115.99 | 177.35 | US | | 20 | | 98.89 | 166.15 | US | | 20 | | 64.7 | 138.11 | US |
| | 25 | | 101.58 | 157.54 | US | | 25 | | 78.59 | 141.08 | US | | 25 | | 35.7 | 113.92 | US |
| | 30 | | 90.44 | 142.63 | US | | 30 | | 62.02 | 122.62 | US | | 30 | | 21.61 | 94.76 | US |
| | 35 | | 81.29 | 130.78 | US | | 35 | | 46.65 | 107.86 | US | | 35 | | 18.84 | 78.16 | US |
| 25 | 5 | 5,7 | 236.63 | 357.84 | US | 40 | 5 | 5,7 | 236.36 | 357.63 | US | | | | | | |
| | 10 | | 167.46 | 252.64 | US | | 10 | | 161.1 | 252.94 | US | | | | | | |
| | 15 | | 133.6 | 204.87 | US | | 15 | | 117.38 | 193.86 | US | | | | | | |
| | 20 | | 112.41 | 175.85 | US | | 20 | | 88.31 | 156.72 | US | | | | | | |
| | 25 | | 96.81 | 155.22 | US | | 25 | | 66.73 | 132.13 | US | | | | | | |
| | 30 | | 84.57 | 139.8 | US | | 30 | | 47.42 | 113.59 | US | | | | | | |
| | 35 | | 72.95 | 125.29 | US | | 35 | | 25.44 | 98.42 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 5,7 | 237.8 | 358.11 | US | 45 | 5 | 5,7 | 234.24 | 357.02 | US | | | | | | |
| | 10 | | 165.12 | 251.81 | US | | 10 | | 156.45 | 250.39 | US | | | | | | |
| | 15 | | 130.22 | 203.56 | US | | 15 | | 106.67 | 183.14 | US | | | | | | |
| | 20 | | 109 | 175.84 | US | | 20 | | 77.01 | 147.37 | US | | | | | | |
| | 25 | | 89.23 | 149.9 | US | | 25 | | 53.03 | 123.06 | US | | | | | | |
| | 30 | | 74.08 | 131.33 | US | | 30 | | 26.94 | 104.29 | US | | | | | | |
| | 35 | | 61.21 | 116.82 | US | | 35 | | 21.15 | 88.52 | US | | | | | | |

Tabel A.22 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 3 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 0 | 212.32 | 216.8 | US | 35 | 5 | 0 | 207.82 | 225.68 | US | 50 | 5 | 0 | 218.78 | 260.28 | US |
| | 10 | | 149.83 | 155.93 | US | | 10 | | 147.06 | 174.81 | US | | 10 | | 116.89 | 169.78 | US |
| | 15 | | 121.69 | 129.59 | US | | 15 | | 106.71 | 140.95 | US | | 15 | | 75.93 | 143.23 | US |
| | 20 | | 104.84 | 114.72 | US | | 20 | | 82.68 | 124.18 | US | | 20 | | 43.63 | 129.86 | US |
| | 25 | | 93.49 | 105.61 | US | | 25 | | 64.16 | 113.95 | US | | 25 | | 13.26 | 121.68 | US |
| | 30 | | 83.07 | 97.38 | US | | 30 | | 47.03 | 107.02 | US | | 30 | | 9.23 | 116.11 | US |
| | 35 | | 74.26 | 90.91 | US | | 35 | | 27.07 | 102 | US | | 35 | | 3.68 | 112.04 | US |
| 25 | 5 | 0 | 211.1 | 219.26 | US | 40 | 5 | 0 | 212.4 | 237.02 | US | | | | | | |
| | 10 | | 147.67 | 159.45 | US | | 10 | | 137.05 | 172.81 | US | | | | | | |
| | 15 | | 121.06 | 136.78 | US | | 15 | | 97.14 | 141.67 | US | | | | | | |
| | 20 | | 101.19 | 120.52 | US | | 20 | | 71.65 | 126.14 | US | | | | | | |
| | 25 | | 85.67 | 108.55 | US | | 25 | | 49.94 | 116.67 | US | | | | | | |
| | 30 | | 73.6 | 100.41 | US | | 30 | | 24.48 | 110.25 | US | | | | | | |
| | 35 | | 63.27 | 94.48 | US | | 35 | | 13.54 | 105.6 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 0 | 209.61 | 222.22 | US | 45 | 5 | 0 | 226.07 | 260.07 | US | | | | | | |
| | 10 | | 149.23 | 168.45 | US | | 10 | | 127 | 171.18 | US | | | | | | |
| | 15 | | 115.67 | 140.39 | US | | 15 | | 86.91 | 142.45 | US | | | | | | |
| | 20 | | 92.47 | 122.25 | US | | 20 | | 58.99 | 128.05 | US | | | | | | |
| | 25 | | 75.82 | 111.2 | US | | 25 | | 30.3 | 119.26 | US | | | | | | |
| | 30 | | 61.93 | 103.7 | US | | 30 | | 17.27 | 113.29 | US | | | | | | |
| | 35 | | 48.86 | 98.25 | US | | 35 | | 10.26 | 108.96 | US | | | | | | |

Tabel A.23 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 3 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 5,7 | 233.31 | 359.54 | US | 35 | 5 | 5,7 | 235.51 | 360.07 | US | 50 | 5 | 5,7 | 229.94 | 358.32 | US |
| | 10 | | 165.29 | 254.02 | US | | 10 | | 160.47 | 251.94 | US | | 10 | | 172.25 | 285.33 | US |
| | 15 | | 134.41 | 206.83 | US | | 15 | | 127.63 | 207.83 | US | | 15 | | 132.3 | 241.87 | US |
| | 20 | | 114.22 | 177.99 | US | | 20 | | 106.09 | 181.77 | US | | 20 | | 94.12 | 206.43 | US |
| | 25 | | 99.81 | 157.95 | US | | 25 | | 87.31 | 160.98 | US | | 25 | | 46.02 | 167.86 | US |
| | 30 | | 88.58 | 142.83 | US | | 30 | | 69.48 | 143.51 | US | | 30 | | 23.95 | 136.32 | US |
| | 35 | | 79.27 | 130.76 | US | | 35 | | 50.69 | 128.17 | US | | 35 | | 14.49 | 108.73 | US |
| 25 | 5 | 5,7 | 234.14 | 359.75 | US | 40 | 5 | 5,7 | 233.89 | 359.56 | US | | | | | | |
| | 10 | | 165.33 | 253.84 | US | | 10 | | 159.16 | 253.61 | US | | | | | | |
| | 15 | | 131.76 | 205.68 | US | | 15 | | 129 | 216.43 | US | | | | | | |
| | 20 | | 110.6 | 176.35 | US | | 20 | | 103.73 | 187.89 | US | | | | | | |
| | 25 | | 95.1 | 155.75 | US | | 25 | | 80.37 | 164.69 | US | | | | | | |
| | 30 | | 83.36 | 141.29 | US | | 30 | | 55.73 | 144.76 | US | | | | | | |
| | 35 | | 73.03 | 129.4 | US | | 35 | | 36.2 | 123.96 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 5,7 | 235.16 | 360.01 | US | 45 | 5 | 5,7 | 232.03 | 358.97 | US | | | | | | |
| | 10 | | 163.12 | 252.97 | US | | 10 | | 164.93 | 267.52 | US | | | | | | |
| | 15 | | 128.44 | 204.27 | US | | 15 | | 130.5 | 227.35 | US | | | | | | |
| | 20 | | 107.53 | 176.81 | US | | 20 | | 100.05 | 195.79 | US | | | | | | |
| | 25 | | 91.87 | 157.95 | US | | 25 | | 69.21 | 169.47 | US | | | | | | |
| | 30 | | 77.89 | 142.38 | US | | 30 | | 44.37 | 141.01 | US | | | | | | |
| | 35 | | 64.57 | 129 | US | | 35 | | 35.48 | 117.32 | US | | | | | | |

Tabel A.24 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 4 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|------------|----------|----------|----------|----------|--------|------------|----------|----------|----------|----------|--------|------------|----------|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 0 | 211.98 | 216.26 | US | 35 | 5 | 0 | 206.74 | 224.6 | US | 50 | 5 | 0 | 223.49 | 266.93 | US |
| | 10 | | 149.51 | 155.19 | US | | 10 | | 147.89 | 175.69 | US | | 10 | | 118.68 | 173.7 | US |
| | 15 | | 121.44 | 128.72 | US | | 15 | | 107.43 | 141.57 | US | | 15 | | 76.17 | 145.92 | US |
| | 20 | | 104.64 | 113.67 | US | | 20 | | 83.36 | 124.5 | US | | 20 | | 42.53 | 131.73 | US |
| | 25 | | 93.79 | 104.82 | US | | 25 | | 64.96 | 114.01 | US | | 25 | | 28.87 | 122.95 | US |
| | 30 | | 83.65 | 96.62 | US | | 30 | | 48.26 | 106.86 | US | | 30 | | 11.6 | 116.91 | US |
| | 35 | | 75.13 | 90.12 | US | | 35 | | 29.65 | 101.65 | US | | 35 | | 3.91 | 112.46 | US |
| 25 | 5 | 0 | 210.56 | 218.57 | US | 40 | 5 | 0 | 210.59 | 235.31 | US | 50 | 5 | 0 | 223.49 | 266.93 | US |
| | 10 | | 147.13 | 158.5 | US | | 10 | | 138.39 | 174.7 | US | | 10 | | 118.68 | 173.7 | US |
| | 15 | | 120.98 | 136.05 | US | | 15 | | 97.97 | 142.97 | US | | 15 | | 76.17 | 145.92 | US |
| | 20 | | 101.54 | 120.01 | US | | 20 | | 72.2 | 126.96 | US | | 20 | | 42.53 | 131.73 | US |
| | 25 | | 86.25 | 107.99 | US | | 25 | | 50.51 | 117.11 | US | | 25 | | 28.87 | 122.95 | US |
| | 30 | | 74.46 | 99.77 | US | | 30 | | 25.84 | 110.39 | US | | 30 | | 11.6 | 116.91 | US |
| | 35 | | 64.5 | 93.77 | US | | 35 | | 15.95 | 105.48 | US | | 35 | | 3.91 | 112.46 | US |
| 30 | 5 | 0 | 208.82 | 221.36 | US | 45 | 5 | 0 | 228.37 | 263.36 | US | 50 | 5 | 0 | 223.49 | 266.93 | US |
| | 10 | | 148.9 | 167.79 | US | | 10 | | 128.69 | 174.1 | US | | 10 | | 118.68 | 173.7 | US |
| | 15 | | 116.12 | 140.38 | US | | 15 | | 87.61 | 144.45 | US | | 15 | | 76.17 | 145.92 | US |
| | 20 | | 93.05 | 122.12 | US | | 20 | | 59.07 | 129.4 | US | | 20 | | 42.53 | 131.73 | US |
| | 25 | | 76.58 | 110.92 | US | | 25 | | 29.96 | 120.11 | US | | 25 | | 28.87 | 122.95 | US |
| | 30 | | 63.02 | 103.26 | US | | 30 | | 16.25 | 113.76 | US | | 30 | | 11.6 | 116.91 | US |
| | 35 | | 50.53 | 97.69 | US | | 35 | | 9.21 | 109.1 | US | | 35 | | 3.91 | 112.46 | US |

Tabel A.25 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 4 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 5,7 | 251.92 | 346.28 | US | 35 | 5 | 5,7 | 253.85 | 346.94 | US | 50 | 5 | 5,7 | 248.53 | 344.62 | US |
| | 10 | | 178.44 | 244.73 | US | | 10 | | 173.96 | 242.34 | US | | 10 | | 161.03 | 233.23 | US |
| | 15 | | 145.22 | 199.29 | US | | 15 | | 139.03 | 198.71 | US | | 15 | | 110.34 | 170.95 | US |
| | 20 | | 123.79 | 171.39 | US | | 20 | | 108.86 | 161.1 | US | | 20 | | 77.82 | 135.23 | US |
| | 25 | | 108.6 | 151.97 | US | | 25 | | 87.74 | 136.3 | US | | 25 | | 49.44 | 109.51 | US |
| | 30 | | 96.86 | 137.3 | US | | 30 | | 70.53 | 117.62 | US | | 30 | | 33.17 | 88.41 | US |
| | 35 | | 87.24 | 125.57 | US | | 35 | | 54.84 | 102.35 | US | | 35 | | 21.91 | 69.23 | US |
| 25 | 5 | 5,7 | 252.66 | 346.55 | US | 40 | 5 | 5,7 | 252.3 | 346.26 | US | | | | | | |
| | 10 | | 178.47 | 244.58 | US | | 10 | | 173.84 | 244.8 | US | | | | | | |
| | 15 | | 142.78 | 197.99 | US | | 15 | | 129.61 | 189.2 | US | | | | | | |
| | 20 | | 120.49 | 169.56 | US | | 20 | | 99.31 | 152.66 | US | | | | | | |
| | 25 | | 104.34 | 149.56 | US | | 25 | | 76.85 | 127.76 | US | | | | | | |
| | 30 | | 91.49 | 134.21 | US | | 30 | | 57.17 | 108.5 | US | | | | | | |
| | 35 | | 79.4 | 119.95 | US | | 35 | | 36.63 | 92.32 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 5,7 | 253.56 | 346.87 | US | 45 | 5 | 5,7 | 250.53 | 345.49 | US | | | | | | |
| | 10 | | 176.42 | 243.56 | US | | 10 | | 171.82 | 245.1 | US | | | | | | |
| | 15 | | 139.74 | 196.38 | US | | 15 | | 120.12 | 180.04 | US | | | | | | |
| | 20 | | 117.93 | 169.6 | US | | 20 | | 89.03 | 144.04 | US | | | | | | |
| | 25 | | 97.48 | 144.49 | US | | 25 | | 64.39 | 118.82 | US | | | | | | |
| | 30 | | 81.73 | 126.13 | US | | 30 | | 39.94 | 98.78 | US | | | | | | |
| | 35 | | 68.36 | 111.53 | US | | 35 | | 33.69 | 81.35 | US | | | | | | |

Tabel A.26 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 5 dan $\theta = 0^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 5,7 | 251.92 | 346.28 | US | 35 | 5 | 5,7 | 253.85 | 346.94 | US | 50 | 5 | 5,7 | 248.53 | 344.62 | US |
| | 10 | | 178.44 | 244.73 | US | | 10 | | 173.96 | 242.34 | US | | 10 | | 161.03 | 233.23 | US |
| | 15 | | 145.22 | 199.29 | US | | 15 | | 139.03 | 198.71 | US | | 15 | | 110.34 | 170.95 | US |
| | 20 | | 123.79 | 171.39 | US | | 20 | | 108.86 | 161.1 | US | | 20 | | 77.82 | 135.23 | US |
| | 25 | | 108.6 | 151.97 | US | | 25 | | 87.74 | 136.3 | US | | 25 | | 49.44 | 109.51 | US |
| | 30 | | 96.86 | 137.3 | US | | 30 | | 70.53 | 117.62 | US | | 30 | | 33.17 | 88.41 | US |
| | 35 | | 87.24 | 125.57 | US | | 35 | | 54.84 | 102.35 | US | | 35 | | 21.91 | 69.23 | US |
| 25 | 5 | 5,7 | 252.66 | 346.55 | US | 40 | 5 | 5,7 | 252.3 | 346.26 | US | | | | | | |
| | 10 | | 178.47 | 244.58 | US | | 10 | | 173.84 | 244.8 | US | | | | | | |
| | 15 | | 142.78 | 197.99 | US | | 15 | | 129.61 | 189.2 | US | | | | | | |
| | 20 | | 120.49 | 169.56 | US | | 20 | | 99.31 | 152.66 | US | | | | | | |
| | 25 | | 104.34 | 149.56 | US | | 25 | | 76.85 | 127.76 | US | | | | | | |
| | 30 | | 91.49 | 134.21 | US | | 30 | | 57.17 | 108.5 | US | | | | | | |
| | 35 | | 79.4 | 119.95 | US | | 35 | | 36.63 | 92.32 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 5,7 | 253.56 | 346.87 | US | 45 | 5 | 5,7 | 250.53 | 345.49 | US | | | | | | |
| | 10 | | 176.42 | 243.56 | US | | 10 | | 171.82 | 245.1 | US | | | | | | |
| | 15 | | 139.74 | 196.38 | US | | 15 | | 120.12 | 180.04 | US | | | | | | |
| | 20 | | 117.93 | 169.6 | US | | 20 | | 89.03 | 144.04 | US | | | | | | |
| | 25 | | 97.48 | 144.49 | US | | 25 | | 64.39 | 118.82 | US | | | | | | |
| | 30 | | 81.73 | 126.13 | US | | 30 | | 39.94 | 98.78 | US | | | | | | |
| | 35 | | 68.36 | 111.53 | US | | 35 | | 33.69 | 81.35 | US | | | | | | |

Tabel A.27 Hasil Perhitungan Batas Kecepatan Maksimum agar Kendaraan Tidak Mengalami Guling pada Kondisi 5 dan $\theta = 5,7^\circ$

| V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku | V | δf | θ | Vgf | Vgr | Perilaku |
|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----------|----------|----------|
| [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | | [km/h] | [°] | [°] | [Km/jam] | [Km/jam] | |
| 20 | 5 | 5,7 | 213.66 | 371.95 | US | 35 | 5 | 5,7 | 216.16 | 372.38 | US | 50 | 5 | 5,7 | 210.22 | 371.08 | US |
| | 10 | | 151.69 | 262.89 | US | | 10 | | 147.04 | 261.41 | US | | 10 | | 126.03 | 239.22 | US |
| | 15 | | 123.61 | 214.27 | US | | 15 | | 115.07 | 213.25 | US | | 15 | | 82.53 | 175.2 | US |
| | 20 | | 105.11 | 184.77 | US | | 20 | | 87.87 | 172.18 | US | | 20 | | 54.68 | 141.23 | US |
| | 25 | | 91.97 | 164.4 | US | | 25 | | 69.24 | 146.55 | US | | 25 | | 27.83 | 118.26 | US |
| | 30 | | 81.79 | 149.13 | US | | 30 | | 54.05 | 128.11 | US | | 30 | | 20.11 | 100.63 | US |
| | 35 | | 73.41 | 137.06 | US | | 35 | | 39.85 | 113.68 | US | | 35 | | 17.82 | 85.91 | US |
| 25 | 5 | 5,7 | 214.59 | 372.12 | US | 40 | 5 | 5,7 | 214.43 | 372 | US | | | | | | |
| | 10 | | 151.89 | 262.78 | US | | 10 | | 144.81 | 262.15 | US | | | | | | |
| | 15 | | 121.06 | 213.45 | US | | 15 | | 103.98 | 199.58 | US | | | | | | |
| | 20 | | 101.73 | 183.61 | US | | 20 | | 77.37 | 161.45 | US | | | | | | |
| | 25 | | 87.66 | 162.86 | US | | 25 | | 57.75 | 136.91 | US | | | | | | |
| | 30 | | 76.06 | 146.46 | US | | 30 | | 40.01 | 118.88 | US | | | | | | |
| | 35 | | 65.29 | 131.52 | US | | 35 | | 18.52 | 104.48 | US | | | | | | |
| 30 | 5 | 5,7 | 215.73 | 372.32 | US | 45 | 5 | 5,7 | 212.45 | 371.56 | US | | | | | | |
| | 10 | | 149.69 | 262.15 | US | | 10 | | 139.05 | 257.22 | US | | | | | | |
| | 15 | | 117.87 | 212.44 | US | | 15 | | 93.19 | 186.97 | US | | | | | | |
| | 20 | | 98.11 | 183.44 | US | | 20 | | 66.41 | 151.13 | US | | | | | | |
| | 25 | | 79.72 | 156.32 | US | | 25 | | 44.65 | 127.47 | US | | | | | | |
| | 30 | | 65.75 | 137.3 | US | | 30 | | 41.11 | 109.7 | US | | | | | | |
| | 35 | | 53.9 | 122.71 | US | | 35 | | 35.54 | 95.2 | US | | | | | | |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis, Maslakhatuz Zahro merupakan anak pertama dari bapak Suhardi dan ibu Hikmatul Munawaroh yang dilahirkan di kota Kudus pada tanggal 19 Desember 1996. Penulis memulai pendidikannya di SD 1 Samirejo (2002-2008), kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Kudus (2008-2011), dan SMA Negeri 1 Kudus (2011-2014). Setelah menyelesaikan pendidikan SMA pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi negeri, tepatnya di Departemen S-1 Teknik Mesin FTI-ITS melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) Undangan pada tahun 2014. Saat ini penulis menjadi anggota aktif Laboratorium Desain-Otomotif. Selama menjalani kehidupan kampus, penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan kemahasiswaan seperti Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) FTI-ITS yang berkesempatan untuk menjadi Staf Departemen Kewirausahaan pada periode 2015-2016 dan Kepala Biro Pembukuan Departemen Kewirausahaan pada periode 2016-2017. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan serta menjadi panitia dari berbagai kegiatan yang diselenggarakan di tingkat jurusan dan fakultas. Motto hidup penulis yaitu “Tiada Keberhasilan Tanpa Adanya Doa dan Usaha”. Apabila ada yang ditanyakan seputar tugas akhir penulis dapat dihubungi melalui alamat email maslakhatuz.zahro@gmail.com